COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1880.

PRÉSIDENCE DE M. EDM. BECQUEREL.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Sur le problème inverse du mouvement d'un point matériel sur une surface de révolution.* Note de M. H. **Resal**.

« Dans la dernière séance, j'ai donné la solution du problème en employant les coordonnées sphériques, auxquelles je vais substituer maintenant les coordonnées cylindriques.

» Soient z l'ordonnée du mobile m, parallèle à l'axe de révolution Oz; r le rayon mI du parallèle; β l'angle TJy formé par la méridienne avec le rayon de l'équateur;

$$(1)\qquad r = F(z),\quad \psi = f(z)$$

l'équation du méridien et la seconde équation qui sert à définir la courbe. Nous avons

$$(2)\qquad \operatorname{tang}\beta = \frac{dz}{dr}$$

et, en nous reportant aux formules et notations de l'article précité,

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2\sigma}{dt^2} = \mathrm{T} + r\cos\beta\dfrac{d\psi^2}{dt^2}, \\ o = \mathrm{P} - r\dfrac{d^2\psi}{dt^2} - 2\dfrac{d\psi}{dt}\dfrac{dr}{dt}. \end{cases}$$

» En substituant à t la variable $\omega = \dfrac{dz}{dt} = \sqrt{w}$, ces équations deviennent

$$\mathrm{T} = w\frac{d^2\sigma}{dz^2} + \frac{1}{2}\frac{dw}{dz}\frac{d\sigma}{dz} + wr\cos\beta\frac{d\psi^2}{dz^2},$$

$$\mathrm{P} = r\left(w\frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{1}{2}\frac{dw}{dz}\frac{d\psi}{dz}\right) + 2w\frac{d\psi}{dz}\frac{dr}{dz}.$$

» Comme w reste indéterminé, on peut, pour plus de simplicité, le supposer constant et même égal à l'unité, la suppression de l'homogénéité n'offrant aucun inconvénient, puisque dans ce qui suit, comme dans ce qui précède, on ne considérera que des rapports. Il vient alors

$$(4)\qquad \begin{cases} \mathrm{T} = \dfrac{d^2\sigma}{dz^2} + r\cos\beta\dfrac{d\psi^2}{dz^2}, \\ \mathrm{P} = r\dfrac{d^2\psi}{dz^2} + 2\dfrac{d\psi}{dz}\dfrac{dr}{dz}, \\ \mathrm{S} = \cos i(\mathrm{T}\,\mathrm{tang}\, i - \mathrm{P}), \end{cases}$$

avec les relations

$$(5)\qquad \mathrm{tang}\, i = \frac{r\,d\psi}{d\sigma} = \frac{r\dfrac{d\psi}{dz}}{\sqrt{1 + \dfrac{dr^2}{dz^2}}},$$

$$(6)\qquad \mathrm{tang}\, \chi = \frac{\mathrm{SR}}{\left(1 + \dfrac{dr^2}{dz^2}\right)(r^2 + z^2)}.$$

» Dans le cas d'un cylindre de révolution,

$$r = \text{const.},\quad d\sigma = dz,\quad \mathrm{tang}\, i = r\frac{d\psi}{dt};$$

par suite,

$$\mathrm{T} = o,\quad \mathrm{P} = r\frac{d^2\psi}{dz^2}.$$

» L'équation différentielle des lignes géodésiques est donc $\mathrm{P} = o$ ou

$$\frac{d^2\psi}{dz^2} = o,$$

d'ou

$$\psi = Az + C,$$

équation qui représente bien la famille des hélices.

» Nous allons appliquer maintenant les formules ci-dessus aux lignes tracées sur un tore.

» Soient $b = CO$ la distance à Oz du centre C du cercle générateur, dont le rayon est $mC = a$, et φ son inclinaison sur OC. Nous supposerons, en nous basant sur des considérations exposées plus haut, $\frac{d\varphi}{dt} = 1$ ou $t = \varphi$. Nous avons

$$r = b + a\cos\varphi, \quad z = a\sin\varphi, \quad d\sigma = a\,d\varphi, \quad \beta = \varphi + 90^\circ.$$

» En posant $\frac{d\psi}{d\varphi} = u$, les formules (3) et (5) deviennent

$$T = (b + a\cos\varphi)\sin\varphi\, u^2,$$

$$P = (b + a\cos\varphi)\frac{du}{d\varphi} - 2ua\sin\varphi,$$

$$\operatorname{tang} i = \left(\frac{b + a\cos\varphi}{a}\right) u.$$

» Nous ne nous occuperons ici que des lignes géodésiques du tore, qui sont données par

$$\left(\frac{b + a\cos\varphi}{a}\right)^2 \sin\varphi \,.\, u^3 = (b + a\cos\varphi)\frac{du}{d\varphi} - 2ua\sin\varphi.$$

Si l'on multiplie par u, et que l'on pose $u^2 = v$, on trouve

$$\frac{dv}{d\varphi} - \frac{4av\sin\varphi}{b + a\cos\varphi} - \frac{2(b + a\cos\varphi)}{a} v^2 \sin\varphi = 0,$$

d'où, en divisant par v^2,

$$\frac{d\frac{1}{v}}{d\varphi} + \frac{4a\sin\varphi}{b + a\cos\varphi}\frac{1}{v} + \frac{2(b + a\cos\varphi)\sin\varphi}{a} = 0,$$

équation différentielle linéaire en $\frac{1}{v}$ dont l'intégrale est, en désignant par C une constante,

$$\frac{1}{v} = \frac{C}{a^4}(b + a\cos\varphi)^4 - \frac{1}{a^2}(b + a\cos\varphi)^2,$$

d'où

$$d\psi = \frac{a^2\,d\varphi}{(b + a\cos\varphi)^2\sqrt{C - \frac{a^2}{(b + a\cos\varphi)^2}}},$$

équation dont il nous paraît impossible d'exprimer, en général, l'intégrale au moyen des fonctions connues.

» Si $b = 0$ ou s'il s'agit d'une sphère, on a, en remplaçant $C - 1$ par A^2,

$$d\psi = \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi\sqrt{A^2 - \tang^2\varphi}},$$

d'où, ε étant une constante,

$$\psi + \varepsilon = \arcsin\frac{\tang\theta}{A}$$

ou

$$\tang\theta = A\sin(\psi + \varepsilon),$$

qui est l'équation polaire la plus générale d'un plan passant par le centre.

» Nous ne multiplierons pas davantage les exemples. Qu'il nous suffise d'avoir montré que l'on peut, dans certaines circonstances, tirer un bon parti de la méthode nouvelle que nous venons d'exposer. »

PHYSIQUE. — *Sur la loi de répartition suivant l'altitude de la substance absorbant dans l'atmosphère les radiations solaires ultra-violettes;* par M. A. Cornu.

« L'étude de la variation de la limite ultra-violette du spectre solaire avec la hauteur du Soleil et avec l'altitude (1) m'a conduit à un certain nombre de résultats expérimentaux que je vais brièvement rappeler.

» 1° La longueur d'onde λ de la radiation à la limite de visibilité photographique observée dans le spectre ultra-violet, lorsque le Soleil est à une hauteur h au-dessus de l'horizon, est donnée empiriquement par une expression de la forme

$$\log\sin h = m\lambda + n,$$

m et n étant deux constantes; de sorte que, si l'on prend le logarithme sinus de la hauteur du Soleil comme ordonnée et la longueur d'onde comme abscisse, la ligne représentative des points ainsi définis, correspondant aux diverses heures de la journée, est une droite.

» 2° A des altitudes croissantes, la droite représentative se déplace parallèlement à elle-même, proportionnellement à la variation d'altitude, dans

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 1101 et 1285; t. LXXXIX, p. 808.

le sens d'un accroissement de visibilité du spectre; le taux de la progression q est d'environ $868^{m},2$, c'est-à-dire qu'à hauteur égale du Soleil on voit reculer d'une unité (millionième de millimètre) sur l'échelle des longueurs d'onde la limite visible lorsqu'on s'élève de $868^{m},2$; de sorte que l'équation de la droite prend la forme

$$(1) \qquad \log \sin h = m\left(\lambda + \frac{z}{q}\right) + n.$$

» 3° Les résultats précédents ne sont exacts que lorsque le ciel est pur; les accidents physiques et météorologiques, comme les poussières, les brumes, les brouillards secs, etc., se traduisent par une déformation de la ligne représentative, dans le sens d'une exagération du pouvoir absorbant de l'atmosphère, apparente surtout lorsque le Soleil s'approche de l'horizon.

» La loi représentée par (1) ne peut être, à un point de vue rigoureux, qu'une loi approximative; on peut toutefois se demander quelles conséquences on pourrait en déduire si on la considérait comme exacte, sinon comme valeur numérique des coefficients, du moins comme forme mathématique; envisagée à ce point de vue, elle impose à la constitution optique de l'atmosphère des conditions qu'il est intéressant de mettre en évidence, car elles peuvent caractériser la nature des substances qui exercent l'absorption et les lois qui régissent ce phénomène.

» Pour traiter la question par le calcul, on ne peut pas, avec le nombre restreint des données expérimentales dont nous disposons, aborder le problème de la constitution de l'atmosphère dans toute sa généralité; nous allons nous borner au cas simple, et d'ailleurs très vraisemblable, dont voici l'énoncé :

» *On supposera que le pouvoir absorbant de l'atmosphère (formée de couches horizontales) est dû à une substance unique ou à un mélange homogène, entrant dans l'air pour une proportion variable et inconnue suivant l'altitude.*

» Je me propose de montrer que, le problème étant ainsi posé, les résultats précédents suffisent à déterminer la loi inconnue de répartition de la matière absorbante avec l'altitude et à exclure par là même certaines causes auxquelles on pouvait attribuer jusqu'ici l'absorption des radiations ultra-violettes.

» Soient a_λ le coefficient d'absorption de la matière absorbante, l l'épaisseur qu'elle occuperait si elle était ramenée à sa densité normale, J_λ l'intensité propre d'une radiation solaire de longueur d'onde λ_1, P_λ l'intensité de l'impression photographique pour une durée t d'exposition, $F(t,\lambda)$ la

fonction caractéristique de la couche impressionnable; on aura pour expression de l'intensité photographique de la radiation J_λ qui aura traversé la somme d'épaisseurs équivalente à l de l'absorbant sous l'inclinaison h

$$(2) \qquad P_\lambda = J_\lambda F(t, \lambda) a_\lambda^{\frac{l}{\sin h}}.$$

» Dans mes expériences, t est une constante T, de sorte qu'on peut, pour abréger, poser $J_\lambda F(T, \lambda) = S_\lambda$, fonction de λ qui représenterait l'intensité photographique de chaque radiation pour la durée de pose T si l'atmosphère terrestre n'existait pas. Comme on observe l'intensité limite w qui est très faible, le rapport de S_λ à w est un nombre très grand que nous désignerons par ρ_λ; la condition de limite de visibilité s'écrit

$$\rho_\lambda a_\lambda^{\frac{l}{\sin h}} = 1.$$

» Prenons deux fois de suite le logarithme vulgaire des deux membres; il vient

$$(3) \qquad \log \sin h = \log l + \log \log \left(\frac{1}{a_\lambda}\right) - \log \log \rho_\lambda.$$

» On voit d'abord que la variable $\log \sin h$, à laquelle j'avais été conduit empiriquement par la discussion des résultats numériques, est réellement une variable naturelle du problème : il y a donc quelque probabilité d'avoir rencontré les vrais éléments de la question, et quelque motif de croire que l'équation (1) a plus qu'une valeur empirique.

» L'équation (3) donne une relation entre la hauteur du Soleil h, l'altitude dont l est une fonction inconnue (somme de toutes les épaisseurs traversées à l'altitude de la station d'observation) et la longueur d'onde λ à la limite de visibilité; elle exprime donc théoriquement la même relation que l'équation empirique (1) : on peut, par conséquent, les identifier. L'égalité des valeurs de $\log \sin h$ qui forme leurs seconds membres donne la relation

$$(4) \qquad m\left(\lambda + \frac{z}{q}\right) + n = \log l + \log \log \left(\frac{1}{a_\lambda}\right) - \log \log \rho_\lambda,$$

laquelle se décompose en deux autres, car les variables z et λ sont séparées :

$$(5) \qquad m\lambda + n = \log \log \left(\frac{1}{a_\lambda}\right) - \log \log \rho_\lambda + \log C,$$

$$(6) \qquad m\frac{z}{q} = \log l - \log C,$$

$\log C$ représentant une constante arbitraire.

» La première (5), contenant deux fonctions inconnues a_λ et ρ_λ, ne peut être utilisée sans une discussion préalable, que nous ferons ultérieurement; la seconde (6) donne la loi inconnue qui lie l'altitude z à l'épaisseur l réduite de l'absorbant : on voit qu'elle est de même forme que celle qui lie l'altitude à la pression barométrique h :

$$(7) \qquad z = 18336^{\text{m}} (\log h_0 - \log h)$$

(voir l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1880, p. 442. On a supprimé les termes de correction qui sont ici négligeables : h_0 est la hauteur du baromètre à la station inférieure).

» Si l'on substitue à m et q les valeurs déduites des observations faites dans les Alpes, au Riffelberg et à Viège (*Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 813) $m = -0,048882$ (en prenant les logarithmes vulgaires; c'est l'équivalent de $0,11256$ donné p. 813, correspondant aux logarithmes népériens) et $q = 868^{\text{m}},2$ (p. 812), on trouve

$$(8) \qquad z = 17761^{\text{m}} (\log C - \log l),$$

expression qui serait identique avec la formule barométrique si le coefficient 17761 était égal au coefficient 18336; mais, comme l'approximation du coefficient q ne dépasse guère $\frac{1}{25}$, on ne saurait espérer une vérification plus précise. Nous regarderons donc comme complète la coïncidence numérique des deux coefficients et nous conclurons, par identification, que $\log l$ et $\log h$ ne diffèrent que par une constante que nous appellerons $\log b$; par suite,

$$(9) \qquad l = bh.$$

» Donc *la masse de la matière absorbante est à chaque altitude proportionnelle à la pression barométrique*, par conséquent *dans un rapport constant avec la masse de l'air atmosphérique*.

» Ce résultat exclut immédiatement la vapeur d'eau comme matière absorbant les radiations ultra-violettes. En effet, le poids de la vapeur d'eau est loin d'être en rapport constant avec le poids de l'atmosphère : la proportion diminue au contraire rapidement avec l'altitude. Suivant M. Radau [1], les observations hygrométriques simultanées, exécutées dans les Alpes sous la direction de Kaemtz, Bauerfeind, etc., seraient représentées avec

---

[1] *Actinométrie*, p. 15. Paris, Gauthier-Villars, 1877.

exactitude par la formule

$$(10) \qquad z = 6700^{m}(\log f_0 - \log f),$$

dans laquelle f désigne la force élastique de la vapeur d'eau à l'altitude z. L'identité de forme entre cette expression et celle qui représente la pression barométrique (7) rend la comparaison très facile, mais cette fois l'identification n'est plus possible avec la loi (8) déduite des observations spectrales; on voit, en effet, que, malgré l'incertitude qui peut subsister sur la valeur numérique du coefficient 17761 de $(\log C - \log l)$, il est impossible d'identifier les deux lois, le coefficient de $(\log f_0 - \log f)$ de l'équation (10) étant presque trois fois moindre.

» On pourrait objecter que l'équation (10), représentant des déterminations faites dans des circonstances différentes des miennes, ne convient pas bien à mes propres résultats; mais j'ai pris soin d'observer souvent le point de rosée r pendant mes observations spectrales. Voici le résultat pour l'heure de midi, au maximum d'étendue du spectre, dans deux journées très voisines :

Au Riffelberg ($z = 2570^{m}$)..... $r = +\ 1^{\circ},0$ d'où $f = 4^{mm},94$ le 26 juillet 1879,
A Viège ($z = 660^{m}$)........... $r = \ 12^{\circ},0$ d'où $f = 10^{mm},46$ le 28 juillet 1879.

Ces données suffisent pour calculer le coefficient numérique de l'équation (10), que l'on trouve alors égal à 5870^{m}; la divergence est encore plus forte.

» On peut donc affirmer que *la vapeur d'eau n'est pas la cause principale de l'absorption des radiations ultra-violettes*, comme le pensent plusieurs physiciens, et comme je l'ai cru moi-même au début de ces expériences.

» La démonstration de ce résultat peut être mise sous une forme plus saisissante et susceptible d'extension à d'autres cas; en effet, substituons dans l'équation (6) la valeur de $\log l$ tirée de l'expression $z = z_0(\log l_0 - \log l)$, qui représente la forme générale rencontrée dans les deux cas précédents : on en déduit aisément, par identification,

$$(11) \qquad q = -mz_0;$$

c'est la valeur théorique du taux de l'accroissement de visibilité du spectre ultra-violet avec l'altitude. Si l'on substitue pour m la valeur donnée précédemment ($m = -0,048882$), et pour z_0 le coefficient numérique 5870^{m} déduit de mes observations hygrométriques, on trouve $q = 286^{m},9$.

» On en conclut que *si l'absorption des radiations ultra-violettes était due*

exclusivement à l'action de la vapeur d'eau distribuée avec l'altitude suivant la loi que l'expérience indique, l'accroissement de visibilité du spectre solaire ultra-violet serait d'une unité (millionième de millimètre) sur l'échelle des longueurs d'onde pour un accroissement d'altitude de $286^m,9$. L'observation directe ayant donné trois fois plus, c'est-à-dire une unité pour $868^m,2$, il y a lieu de rejeter la vapeur d'eau comme cause exclusive de l'absorption des radiations ultra-violettes.

» *Il est, au contraire, fort vraisemblable d'attribuer aux autres éléments de l'atmosphère, dont la proportion est regardée comme constante à toutes les altitudes, le pouvoir d'absorber les radiations très réfrangibles*, car le coefficient $z_0 = 18336$ (constante de Ramond), qui caractérise l'épaisseur absorbante l dans la formule barométrique (7), donne pour le taux de l'accroissement de visibilité $q = 896^m,3$, c'est-à-dire le nombre observé, à l'approximation que comporte ce genre de mesures.

» Le même mode de démonstration servirait à prouver que *les poussières atmosphériques, auxquelles plusieurs physiciens attribuent la plus grande partie de l'absorption des radiations ultra-violettes, ne jouent qu'un rôle secondaire*. On sait, en effet, que les poussières atmosphériques existent surtout dans les basses régions de l'atmosphère et disparaissent d'une façon presque complète aux altitudes élevées. C'est, en effet, à l'absence de ces poussières et ces brumes que l'on attribue généralement la transparence de l'air des montagnes. On pourrait donc approximativement représenter la loi de répartition de ces poussières avec l'altitude par une expression de même forme que précédemment : il suffirait pour en faire usage de déterminer le coefficient numérique qui la caractérise. Bien qu'il soit difficile d'éviter les appréciations arbitraires, on peut se former une idée de la progression en admettant, par exemple, qu'à 1000^m de hauteur il n'existe que la dixième partie des poussières qui obscurcissent l'atmosphère dans les basses régions : cette évaluation n'a certainement rien d'exagéré; d'où la condition $1000 = -z_0 \log\frac{1}{10}$, c'est-à-dire $z_0 = 1000^m$, d'où l'on conclurait

$$q = -mz_0 = 48^m,8,$$

ce qui donnerait une progression dans la visibilité près de vingt fois plus rapide que celle que l'on observe.

» En résumé, la discussion de mes observations sur la limite ultra-violette du spectre solaire permet de définir, avec une netteté et une approximation assez inattendues, la loi de répartition dans l'atmosphère, suivant l'altitude, de la matière absorbant les radiations très réfrangibles venant

du Soleil : l'identité de cette loi avec la formule barométrique montre que l'absorption est exercée par la masse gazeuse de l'atmosphère et non par la vapeur d'eau, ou par les poussières, qui conduiraient à des progressions différentes.

» Il est fort curieux que la vapeur d'eau, qui paraît jouer le rôle prédominant dans l'absorption des radiations peu réfrangibles du spectre, ne soit pas la substance qui exerce l'influence principale dans l'absorption des radiations ultra-violettes ([1]). »

CHIMIE. — *Etude des propriétés explosives du fulminate de mercure;* par MM. **Berthelot** et **Vieille**.

« 1. L'Académie se rappelle qu'elle m'a fait l'honneur de me désigner, il y a quelques années, au choix du Ministre de la Guerre, pour faire partie du Comité consultatif des Poudres et Salpêtres. Peut-être les recherches théoriques et pratiques que j'avais eu occasion de faire sur les matières explosives pendant le siége de Paris n'étaient-elles pas étrangères à cette désignation. Les problèmes théoriques en particulier, relatifs aux nouvelles substances explosives, telles que les picrates, la nitroglycérine, la dynamite Nobel, la poudre-coton, etc., n'avaient guère été posés avant mes premières publications : *Sur la force de la poudre et des substances explosives* ([2]). Ils ont pris un intérêt de plus en plus vif par suite des applications croissantes de ces nouveaux composés aux travaux pyrotechniques.

([1]) J'ai tenu à vérifier ce résultat par une expérience directe : j'ai constaté que l'air saturé d'humidité à 15° et l'air soigneusement desséché, observés sous une épaisseur de 4^m dans l'appareil précédemment décrit (*Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 1290), ne présentent aucune différence appréciable dans l'absorption qu'ils exercent sur les radiations très réfrangibles du spectre de l'aluminium.

L'eau, à l'état liquide, agit également d'une manière très différente sur les deux extrémités du spectre. M. Soret a montré, en effet, que l'eau distillée est parfaitement transparente pour les radiations très réfrangibles (*Archives de Genève*, mars 1878), puisqu'une colonne d'eau distillée de $1^m,16$ laisse passer la radiation n° 28 (spectre du zinc, $\lambda = 206$); au contraire, pour les radiations infra-rouges, l'eau est si opaque, d'après les expériences de notre confrère M. Desains, que $0^m,01$ d'épaisseur enlève au spectre calorifique des métaux incandescents la moitié de leur longueur et les trois quarts de leur intensité (*Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 286).

([2]) 1re édition, janvier 1871; 2e édition, 1872; chez Gauthier-Villars.

» L'appui donné par l'Académie à cet ordre de recherches n'est pas demeuré stérile. En effet, le Ministre de la Guerre a institué récemment une Commission des substances explosives, destinée à en approfondir l'examen scientifique. Cette Commission vient aujourd'hui vous présenter, avec l'autorisation libérale du Ministre, les premiers résultats de la portion théorique de ses études, choisis parmi ceux qui ont paru susceptibles d'être publiés avec profit pour la Science et sans inconvénient pour la défense nationale.

» Ces résultats comprennent l'étude des propriétés explosives du fulminate de mercure, par MM. Berthelot et Vieille; l'étude des propriétés explosives du coton-poudre pur ou nitraté et celle de la nitroglycérine, par MM. Sarrau et Vieille. L'Académie connaît déjà les remarquables travaux de M. Sarrau sur les diverses poudres. M. Vieille, qui nous a apporté dans ces dangereuses expériences le concours d'un zèle et d'une adresse consommés, est un jeune ingénieur du plus grand mérite et dont le nom reparaîtra sans doute plus d'une fois dans cette enceinte. Je vais exposer les recherches que j'ai exécutées, avec sa collaboration, sur le fulminate de mercure.

» 2. Le fulminate de mercure est l'un des types les plus parfaits des matières brisantes; il joue le principal rôle dans la fabrication des amorces, comme dans la détonation proprement dite de la poudre-coton et de la dynamite. Au point de vue de la théorie, aussi bien que des applications, son étude présente la plus grande importance. Cependant l'examen scientifique de ses propriétés explosives n'a guère été entrepris jusqu'à présent : soit à cause des dangers que présente le maniement de cette substance, soit en raison de la date toute récente à laquelle les problèmes théoriques relatifs aux nouvelles matières explosives ont été soulevés pour la première fois.

» Nous avons déterminé dans nos expériences :

» 1° La nature des produits de l'explosion du fulminate, nature qui avait été soupçonnée, plutôt que reconnue par des analyses exactes; elle joue un rôle essentiel dans l'interprétation des effets explosifs de la matière;

» 2° La chaleur dégagée pendant l'explosion du fulminate pur; on en conclut sa chaleur de formation et une certaine mesure de ses effets explosifs;

» 3° La densité du fulminate de mercure;

» 4° La pression développée pendant l'explosion en vase clos, dans des conditions diverses de volume des capacités enveloppantes et de contact entre leurs parois et le corps explosif.

» L'ensemble de ces résultats fournit des notions plus précises sur les effets explosifs du fulminate de mercure, et il permet de rendre compte des caractères propres de la détonation de cette substance. Exposons les faits.

» 3. Le fulminate provenait de l'École d'Arras. Il a fourni à l'analyse :

	Expérience.		Théorie ($C^4Az^2Hg^2O^4$).
Hg (1)	71,30	Hg	70,40
CO (2)	19,40	CO	19,75
Az (2)	9,60	Az	9,85
H (3)	0,04		100,00
	100,34		

» Le léger excès de mercure que présentent ces analyses résulte d'un peu de métal libre, mélangé mécaniquement avec le fulminate, et que l'on peut manifester en mettant le corps en suspension dans l'acide chlorhydrique.

» 4. *Gaz dégagés.* — L'explosion du fulminate a été déterminée dans l'intérieur d'une éprouvette d'acier; 3^{gr} de fulminate étant disposés dans une petite cartouche de papier d'étain, suspendue au centre. L'inflammation a lieu en portant à l'incandescence, au moyen d'un courant électrique, un fil métallique fin qui traverse la cartouche. L'éprouvette avait été remplie à l'avance d'azote pur et sec, sous une pression et à une température rigoureusement connues. Après l'explosion, on a mesuré le volume des gaz produits et l'on en a fait l'analyse exacte. Dans cinq essais on a obtenu des nombres qui ont varié entre 230^{cc} et 238^{cc}, en moyenne $234^{cc},2$ pour 1^{gr} de fulminate : la théorie indique $235^{cc},8$. Ces gaz renfermaient sur 100^{vol} :

$CyH + CO^2$	0,15	
CO	65,70	Rapport : 2,04.
Az	32,28	
H	1,87 (4).	

Il résulte de ces données que le fulminate se décompose, suivant une réaction très simple, en oxyde de carbone, azote et mercure :

$$C^4Az^2Hg^2O^4 = 2C^2O^2 + Az^2 + Hg^2.$$

(1) Dosé sous forme de sulfure, après attaque par l'acide chlorhydrique additionné d'un peu de chlorate de potasse.

(2) Déterminé en volume, après explosion en vase clos.

(3) Même remarque. Cet hydrogène est probablement accidentel, c'est-à-dire qu'il paraît provenir des matières grasses employées pour lubrifier les joints du vase.

(4) Accidentel. Voir plus haut.

1^{eq} (284^{gr}) fournit $66^{lit},7$ de gaz (à 0° et 760^{mm}). D'après cette relation, la détonation du fulminate ne produit aucun composé susceptible d'une dissociation notable [1] dans les conditions d'expérience; par suite, aucune combinaison graduelle, susceptible de modérer la détente des gaz et de diminuer la violence du choc initial, ne peut avoir lieu pendant la période du refroidissement : ce qui explique la brusquerie de l'explosion. Elle serait plus brusque encore, si la condensation de la vapeur du mercure ne venait, vers la fin du refroidissement, apporter quelque tempérament. En tout cas, la nature des produits explique le caractère du choc explosif.

» 5. *Chaleur produite.* — Les expériences précédentes ont été faites en tenant l'éprouvette d'acier plongée dans un calorimètre plein d'eau, de façon à mesurer simultanément la chaleur développée, dans les conditions mêmes de la décomposition analysée. On a trouvé pour 1^{gr} : $403^{cal},5$ (moyenne de cinq essais concordants); ce nombre doit être accru de $\frac{1}{80}$, pour tenir compte du mercure mécaniquement mélangé (voir plus haut). On a ainsi, pour 284^{gr} : $+116^{Cal},0$ à volume constant; ou $+114^{Cal},5$ à pression constante. Cette quantité de chaleur serait capable de porter les produits, tous amenés à l'état gazeux, jusque vers 4200°.

» 6. *Chaleur de formation.* — Il est facile de tirer de là la chaleur de formation du fulminate de mercure, depuis ses éléments :

$$C^4 \text{ (diamant)} + Az^2 + O^4 + Hg^2 \text{ liq} = C^4Az^2Hg^2O^4, \text{ absorbe : } 51,6 - 114,5 = -62,9.$$

Cette quantité est négative, comme on devait s'y attendre. La chaleur dégagée dans la décomposition du fulminate résulte donc de deux causes, savoir : la séparation des éléments et la combustion simultanée du carbone par l'oxygène.

» Tels sont les résultats obtenus en vase clos et dans une atmosphère d'azote.

» Au contact de l'air, ou dans un vase qui renferme ce gaz, il se forme de l'acide carbonique, par suite de la combustion totale ou partielle de l'oxyde de carbone; celle-ci dégage en plus : $+136^{Cal},4$; ce qui fait en tout $+250^{Cal},9$, la combustion étant supposée totale et opérée à pression constante. Mais cette quantité de chaleur supplémentaire n'intervient pas dans les effets du choc initial, parce qu'elle résulte d'une combustion consécutive.

---

(1) On néglige ici les traces de dissociation que l'oxyde de carbone manifeste au rouge, d'après M. H. Sainte-Claire Deville, et en vertu desquelles il engendre des quantités à peine perceptibles de carbone et d'acide carbonique.

» Le contraire a lieu lorsqu'on mélange le fulminate avec du chlorate de potasse ou avec de l'azotate ; ce qui a également pour effet de transformer l'oxyde de carbone en acide carbonique, avec un dégagement de chaleur qui s'élève, à pression constante, à + 258,2 avec le chlorate :

$$C^4 Az^2 Hg^2 O^4 + \tfrac{2}{3}(Cl O^6 K) = 2 C^2 O^4 + Az^2 + Hg^2 + \tfrac{2}{3} K Cl,$$

et à + 229,4 avec l'azotate :

$$C^4 Az^2 Hg^2 O^4 + \tfrac{4}{5}(Az O^6 K) = \tfrac{4}{5} CO^3 K + 3\tfrac{1}{5} CO^2 + 2\tfrac{4}{5} Az + Hg^2.$$

» Le dégagement de chaleur est ainsi double de celui que produit le fulminate pur; mais le choc initial est tempéré ici par des phénomènes de dissociation, dus à l'acide carbonique, et qui rendent ces poudres mélangées moins brusques dans leurs effets. La température développée est réduite en outre par la répartition de la chaleur entre des masses de produits plus considérables.

» 7. *Densité.* — L'évaluation des pressions exercées au contact par le fulminate exigeant la connaissance de sa densité, nous l'avons mesurée et trouvée égale à 4,42.

» 8. *Tensions développées en vase clos.* — On a provoqué l'explosion du fulminate dans une éprouvette cylindrique en acier doux, de 22^{mm} de diamètre intérieur, d'une épaisseur égale au calibre et d'une capacité de $24^{cc},3$. L'éprouvette est munie à l'une de ses extrémités d'un bouchon renfermant l'appareil *crusher*, qui sert à la mesure des pressions (cylindre de cuivre rouge, dont on mesure l'écrasement); l'autre extrémité est fermée par un bouchon, portant le dispositif de mise de feu. Pour éviter toute action locale au contact du métal, la charge a été suspendue au milieu de l'éprouvette, sous la forme d'une cartouche cylindrique, de figure semblable à la capacité intérieure. Un fil de fer fin, susceptible d'être porté au rouge par l'électricité, traverse la cartouche.

» Voici les résultats observés :

Densité du chargement.	Poids du fulminate.	Pression en kilogrammes par centimètre carré.
	gr	
0,1	2,43	477
0,2	4,86	1730
0,3	7,39	2697
0,4	9,72	4272 (1)

(1) Un calcul fondé sur la loi de Mariotte, supposée applicable dans de telles conditions, aurait indiqué une pression moitié moindre : 2070^{atm}.

» Dans la dernière expérience, le piston inférieur a été trouvé cassé en trois morceaux, sans qu'il y ait eu cependant fuite des gaz. En même temps l'obturateur de cuivre s'était écoulé sous forme de feuille mince, dans l'intervalle annulaire de $\frac{1}{100}$ de millimètre existant entre le piston et le canal concentrique. Ces phénomènes sont caractéristiques de la brusquerie de la décomposition par détonation.

» Mais, si les actions locales sont plus violentes avec le fulminate qu'avec les matières explosives ordinaires, il ne faudrait pas en conclure que les pressions moyennes développées sous une densité donnée de chargement soient plus grandes. Loin de là : la poudre coton, par exemple, a fourni, dans des conditions comparables aux précédentes, des pressions moyennes à peu près doubles, soit, pour la densité de chargement 0,1 : 1085^k; pour 0,2 : 3120^k ; pour 0,3 : 5575^k; pour 0,4 : 8745^k.

» Le sens de ces relations est d'ailleurs d'accord avec les données concernant les quantités de chaleur et les volumes des gaz produits par les deux explosifs.

» 9. Ce ne sont, en général, ni le volume des gaz dégagés, ni la quantité de chaleur produite qui donnent au fulminate son caractère propre et ses avantages spécifiques. En effet, il est surpassé, sous ce double rapport, par la plupart des poudres explosives. La pression développée sous une densité de chargement donnée est moindre aussi, comme on vient de le dire, pour le fulminate de mercure que pour la poudre-coton, et à peu près la même que pour la dynamite à 75 pour 100, c'est-à-dire inférieure à la nitroglycérine pure.

» La supériorité de puissance du fulminate se manifeste surtout dans les actions exercées au contact, et elle tient à trois causes, savoir : la presque instantanéité de la décomposition de ce corps par simple inflammation; l'absence presque totale de dissociation des produits; enfin la grande densité de la matière. En raison de ces conditions, les produits définitifs de la réaction semblent formés tout d'abord, avant que la matière ait eu le temps de prendre un volume notablement supérieur à celui qu'elle occupait dans son état solide primitif. Si donc le fulminate détone dans un récipient au contact de la paroi même, il développe sur celle-ci, au premier moment, une pression instantanée n'ayant aucun rapport avec la pression moyenne, réglée par la capacité du récipient. Nous avons essayé d'évaluer la pression développée au contact dans ces conditions, en nous appuyant sur ce fait d'expérience que les courbes représentatives des tensions en vase clos, pour les matières explosives connues, tendent rapidement vers une asymptote. Cela étant

admis, le fulminate, sous sa densité absolue de 4,42, développerait au contact une pression de 48000^{atm}; tandis que la poudre-coton comprimée, sous la densité 1,1, telle qu'elle est employée pour les usages militaires, développerait seulement au contact 24000^{atm}. Un calcul semblable montre qu'aucune matière explosive connue ne donne au contact une pression instantanée comparable à celle du fulminate. Sans insister plus qu'il ne convient sur ces chiffres, il nous a paru cependant utile de les signaler, parce qu'ils indiquent le sens général des phénomènes.

» La supériorité des effets dus au choc explosif du fulminate s'explique par cette circonstance, jointe à l'absence de dissociation : rien ne résiste au contact direct de cet agent.

» Dans une expérience, le fulminate avait été déposé sur le fond d'une bombe calorimétrique en acier, la pression moyenne ayant été calculée à l'avance, de façon à ne pas surpasser 50^{atm}. Cependant la cuvette en acier fut emboutie sur toute la surface occupée par la charge, dont les contours se trouvèrent imprimés sur le métal.

» **10.** On sait que le fulminate de mercure est éminemment apte à déterminer cette propagation presque instantanée de la déflagration, si distincte de l'inflammation proprement dite, et qui est indispensable pour permettre à la dynamite et à la poudre-coton comprimée de développer toute leur puissance. L'un de nous a donné ailleurs la théorie générale de ces effets caractéristiques, théorie qui rattache à la violence du choc initial la brusquerie des décompositions consécutives, ainsi que la grandeur des pressions exercées au contact pendant le cours de ces décompositions (*Sur la force de la poudre*, p. 165-166; 2[e] édit., 1872). Les faits qui viennent d'être exposés complètent cette théorie et montrent pourquoi le fulminate de mercure est particulièrement propre à provoquer les détonations proprement dites des autres matières explosives. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le* choléra des poules; *études des conditions de la non-récidive de la maladie et de quelques autres de ses caractères;* par M. L. **Pasteur**.

« Dans la Communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie au mois de février dernier, j'ai annoncé, entre autres résultats, que le choléra des poules était produit par un parasite microscopique, qu'il existait un virus atténué de cette maladie, qu'enfin une ou plusieurs inocula-

tions de ce virus atténué peuvent préserver ces animaux des atteintes mortelles d'une inoculation ultérieure ([1]). Par les liaisons frappantes que notre étude offre avec les effets de la vaccine et de la variole humaines, il y a un intérêt majeur à savoir si l'immunité dont il s'agit peut être absolue non seulement pour les régions du corps qui ont subi l'inoculation préventive, mais quel que soit le point inoculé, quel que soit le mode d'introduction de la maladie, quelle que soit la réceptivité de l'animal ([2]).

» Afin d'expliquer plus clairement et plus brièvement les résultats dont j'ai à rendre compte, qu'il me soit permis d'employer le mot *vacciner* pour exprimer le fait de l'inoculation à une poule du virus atténué. Cette convention étant admise, je pourrai dire, sur la foi de nombreuses expériences, que les effets de la vaccination sont variables avec les poules, que certaines résistent à un virus très virulent à la suite d'une seule inoculation préventive du virus atténué, que d'autres exigent deux inoculations préventives et même trois, que dans tous les cas toute inoculation préventive a son action propre, parce qu'elle prévient toujours dans une certaine mesure; qu'en un mot on peut vacciner à tous les degrés et qu'il est toujours possible de vacciner d'une manière complète, c'est-à-dire d'amener la poule à ne plus pouvoir recevoir aucune atteinte du virus le plus virulent.

» Je porterai plus sûrement la conviction dans les esprits si j'indique brièvement la marche et les résultats des expériences de démonstration. Je prends quatre-vingts poules neuves (j'appelle de ce nom les poules qui n'ont jamais eu la maladie du *choléra des poules*, ni spontanée, ni communiquée). A vingt d'entre elles, j'inocule le virus très virulent : les vingt périssent. Des soixante qui restent, j'en distrais encore vingt et je les inocule par une seule piqûre à l'aide du virus le plus atténué que j'aie pu

---

([1]) MM. Moritz et Perroncito et M. Toussaint lui-même, quoiqu'il ait été plus loin que ses devanciers, avaient laissé indécise la question du parasitisme de cette maladie. Je me suis exprimé différemment dans ma précédente Note; mais j'ai reconnu depuis que M. Toussaint n'avait pu obtenir des cultures successives dans l'urine neutre, mérite que du reste il ne s'attribue pas. Toutefois, il a celui de les avoir tentées.

([2]) Ce que j'ai entendu raconter, ce que j'ai lu de la vaccine humaine et ce que je puis inférer de mes expériences sur le choléra des poules me portent à croire que la vaccine préserve rarement au *maximum*. Quel est, en effet, le vaccinateur qui oserait sans crainte exposer ses vaccinés à des épidémies meurtrières de variole? On cite même bon nombre de personnes vaccinées qui ont eu la variole et chez lesquelles la vaccine s'est montrée ensuite efficace qui ont repris la variole et ont eu jusqu'à trois fois cette affection.

obtenir [1] : aucune ne meurt. Sont-elles vaccinées pour le virus très virulent? Oui, mais seulement un certain nombre d'entre elles. En effet, si sur ces vingt poules je pratique l'inoculation du virus le plus virulent, six ou huit, par exemple, tout en étant malades, ne mourront pas, contrairement à ce qui a eu lieu pour les vingt premières poules neuves, dont vingt sur vingt ont péri. Je distrais de nouveau du lot primitif vingt poules neuves que je vaccine par deux piqûres appliquées successivement après un intervalle de sept à huit jours. Seront-elles vaccinées pour le virus très virulent? Afin de le savoir, réinoculons-les par ce virus. Cette fois, et contrairement au résultat de la deuxième expérience, ce n'est plus six ou huit qui ne mourront pas, mais douze ou quinze. Enfin, si je distrais encore vingt poules neuves du lot primitif et que je les vaccine successivement par le virus atténué, non pas une ou deux fois, mais trois ou quatre, la mortalité, par l'inoculation du virus très virulent, la maladie même, seront nulles. Dans ce dernier cas, les animaux sont amenés aux conditions de ceux des espèces qui ne contractent jamais le choléra des poules.

» Quant à la cause de la non-récidive, on ne peut se défendre de l'idée que le microbe auteur de la maladie trouve dans le corps de l'animal un milieu de culture et que, pour satisfaire aux actes de sa vie propre, il altère ou détruit, ce qui revient au même, certaines matières, soit qu'il les élabore à son profit, soit qu'il les brûle par l'oxygène qu'il emprunte au sang.

» Lorsque l'immunité complète est atteinte, on peut inoculer le microbe le plus virulent dans des muscles quelconques sans produire le moindre effet, c'est-à-dire que toute culture est devenue impossible dans ces muscles. Ils ne contiennent plus d'aliments pour le microbe.

» On ne peut rendre l'impression qu'on éprouve à la vue de ces phénomènes. Voici vingt poules qui n'ont jamais subi les atteintes de la maladie. Je les inocule au muscle pectoral par le virus très virulent, ou plutôt au muscle de la cuisse, afin de suivre plus commodément les effets de la piqûre infectieuse. Le lendemain, toutes les poules sont couchées, très boiteuses, saisies d'un profond sommeil; le muscle inoculé est énorme, tout lardacé dans son intérieur, rempli à profusion du parasite. Puis, d'heure en heure, la mort frappe tantôt une des poules, tantôt une autre. En quarante-huit heures, les vingt poules ont péri. Voici d'autre part vingt poules, préala-

---

[1] Car il y a des degrés dans l'atténuation comme il y en a dans la virulence, double circonstance dont j'espère donner ultérieurement la véritable interprétation.

blement vaccinées au maximum, inoculées à la même heure que les précédentes, à la même place, par le même virus employé en même quantité : le lendemain ou le surlendemain toutes sont vives, alertes, mangent, gloussent, les coqs chantent; c'est le mouvement, c'est la vie dans toute la plénitude de la santé, et, dans la région inoculée, les muscles de la cuisse ne présentent rien d'anormal. On n'aperçoit même pas la trace de la piqûre, et cet état de santé est durable.

» Mais cette suppression de la possibilité de toute culture du parasite dans les muscles n'est-elle pas propre seulement à ceux de ces muscles qui ont reçu les inoculations préventives ? Il importe donc de rechercher ce qui arriverait en faisant pénétrer le virus mortel soit par le système sanguin, soit par les voies digestives. J'ai pris dix poules vierges de toute inoculation et dix autres vaccinées au *maximum;* à toutes, le virus le plus virulent a été injecté dans la jugulaire. Les dix premières poules sont mortes rapidement, plusieurs déjà après vingt-quatre heures. Les dix poules vaccinées ont guéri, au contraire, sans avoir été malades, si ce n'est d'une manière peu accusée, à cause de l'incision à la peau et à la jugulaire. Le sang lui-même était donc *vacciné* si l'on peut s'exprimer ainsi, c'est-à-dire que les cultures préventives lui avaient enlevé ses matériaux de culture.

» Et quelles seraient les suites de l'introduction de la maladie par les voies digestives? Essayons de provoquer une épidémie analogue à celle qui frappe les basses-cours à l'aide de repas souillés par la présence du parasite. Le 11 mars, je réunis dans le même local douze poules, achetées aux Halles le matin, avec douze autres *vaccinées* préalablement *au maximum.* Chaque jour je donne à ces vingt-quatre poules un repas de muscles malades d'une poule morte du microbe. Les jours suivants, la maladie et la mortalité s'accusent parmi les douze poules non vaccinées, qu'on distingue au milieu des autres parce qu'on a eu le soin de passer à travers la crête des *vaccinées* un fil de platine. Le 26 mars, on met fin à l'expérience : sept poules, *non vaccinées*, ont succombé et l'autopsie a montré, à n'en pas douter, que le mal s'est insinué soit par les premières voies digestives, soit et le plus souvent par les intestins, généralement très enflammés et quelquefois ulcérés sur une grande longueur, dans la portion d'ordinaire qui suit le gésier, rappelant par leurs lésions celles de la fièvre typhoïde [1].

---

[1] Le sang est rempli de microbe, et les organes internes sont couverts assez fréquemment de pus et de fausses membranes, principalement du côté des anses intestinales, par où le microbe paraît avoir visiblement pénétré.

Les cinq autres poules non vaccinées sont malades, une de la façon la plus grave ([1]). Des douze vaccinées pas une n'est morte, et aujourd'hui toutes vivent encore et sont bien portantes.

» Nous pouvons résumer comme il suit les résultats que je viens d'exposer :

» C'est la vie d'un parasite à l'intérieur du corps qui détermine la maladie appelée vulgairement *choléra des poules* et qui amène la mort.

» Du moment où cette culture n'est plus possible dans la poule, la maladie ne peut apparaître. Les poules sont alors dans l'état constitutionnel des animaux que le *choléra des poules* n'atteint jamais.

» Ces derniers animaux sont comme *vaccinés* de naissance pour cette maladie, parce que l'évolution fœtale n'a pas introduit dans leurs corps des aliments propres à la vie du microbe ou que ces matières nutritives ont disparu dans le jeune âge.

» Certes, on n'a pas lieu de trop s'étonner qu'il y ait des constitutions tantôt aptes, tantôt rebelles aux inoculations, c'est-à-dire aux cultures de certains virus, lorsque, comme je l'ai annoncé dans ma première Note, on voit le bouillon de levûre de bière, préparé exactement comme le bouillon de muscles de poules, se montrer absolument impropre à la culture du parasite du *choléra des poules*, tandis qu'il se prête à merveille à la culture d'une multitude d'espèces microscopiques, notamment de la bactéridie charbonneuse.

» L'explication à laquelle les faits nous conduisent, tant de la résistance constitutionnelle de certains animaux que de l'immunité que créent chez les poules des inoculations préventives, n'a rien non plus que de naturel quand on considère que toute culture, en général, modifie le milieu où elle s'effectue : modification du sol, s'il s'agit des plantes ordinaires; modification des plantes ou des animaux, s'il s'agit de leurs parasites; modification de nos liquides de culture, s'il s'agit des mucédinées, des vibrioniens ou des ferments. Ces modifications se manifestent et se caractérisent par cette circonstance que des cultures nouvelles des mêmes espèces dans ces milieux deviennent promptement difficiles ou impossibles. Que l'on ensemence du bouillon de poule avec le microbe du *choléra* et qu'après trois

---

([1]) Elle est morte le 8 avril, une autre le 22 avril. Trois se sont guéries. En tout, neuf mortes sur douze. Les mortes, du 8 et du 22 avril, avaient un sang contenant le microbe et dans l'abdomen des suites de péritonite accusées par des fausses membranes sur les intestins, etc.

ou quatre jours on filtre le liquide pour éloigner toute trace du microbe, qu'en dernier lieu on ensemence de nouveau le liquide filtré par ce parasite : celui-ci se montrera tout à fait impuissant à reprendre le plus faible développement. D'une parfaite limpidité après sa filtration, le liquide garde indéfiniment cette limpidité.

» Comment ne pas être porté à croire que par la culture dans la poule du virus atténué on place le corps de celle-ci dans l'état de ce liquide filtré qui ne peut plus cultiver le microbe ? La comparaison peut se poursuivre plus loin encore, car, si l'on filtre du bouillon en pleine culture du microbe, non pas le quatrième jour de la culture, mais le second, le liquide filtré sera encore apte à cultiver de nouveau le microbe, quoique avec moins d'énergie qu'au début. On comprend ainsi qu'après une culture du microbe atténué dans le corps de la poule, on puisse ne pas avoir enlevé dans toutes les parties de son corps les aliments du microbe. Ce qui en reste permettra donc une nouvelle culture, mais également dans une mesure plus discrète. C'est l'effet d'une première *vaccine*. Des inoculations subséquentes enlèveront progressivement tous les matériaux de culture du parasite. En conséquence, par l'action du mouvement circulatoire, un moment viendra forcément où toute culture nouvelle sur l'animal restera stérile. C'est alors que la maladie ne pourra récidiver et que le sujet sera tout à fait vacciné. On pourrait s'étonner qu'une première culture du virus atténué s'arrête avant que les matières nutritives du microbe soient épuisées. Mais il ne faut pas oublier que le microbe, être aérobie, n'est pas du tout, dans le corps de l'animal, dans les mêmes conditions que dans un milieu artificiel de culture. Ici, pas d'obstacle à sa multiplication. Dans le corps, au contraire, il est sans cesse en lutte avec les cellules des organes, cellules qui, elles aussi, sont des êtres aérobies toujours prêts à s'emparer de l'oxygène.

» Est-ce bien là néanmoins la seule explication possible des phénomènes ? Non, à la rigueur. On peut se rendre compte des faits de non-récidive en admettant que la vie du microbe, au lieu d'enlever ou de détruire certaines matières dans le corps des animaux, en ajoute, au contraire, qui seraient pour ce microbe un obstacle à un développement ultérieur. L'histoire de la vie des êtres inférieurs, de tous les êtres en général, autorise une telle supposition. Les excrétions nées du fonctionnement vital peuvent s'opposer à un fonctionnement vital de même nature. Dans certaines fermentations, on voit des produits antiseptiques prendre naissance pendant et par la fermentation même, et mettre fin à la vie active des ferments et

aux fermentations longtemps avant l'achèvement de celles-ci. Dans les cultures de notre microbe, il pourrait y avoir formation de produits dont la présence expliquerait à la rigueur la non-récidive et la vaccination.

» Nos cultures artificielles du parasite vont encore nous permettre de contrôler cette hypothèse. Préparons une culture artificielle du microbe, et, après l'avoir fait évaporer à froid et dans le vide, ramenons-la à son volume primitif au moyen d'un bouillon de culture. Si l'extrait contient un poison pour la vie du microbe et si telle est la cause de la non-culture possible du liquide filtré, l'ensemencement du nouveau milieu devra être stérile; or il n'en est rien. On ne peut donc croire que pendant la vie du parasite apparaissent des substances capables de s'opposer à son développement ultérieur. Cette observation corrobore l'opinion à laquelle nous avons été conduits tout à l'heure sur les causes de la non-récidive de certaines maladies virulentes. »

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète* Schaberle, *faite à l'Observatoire de Marseille*, par M. **Stephan**.

Dates. 1880.	Heure de l'observation. Temps moyen de Marseille.	Ascension droite de la comète.	Distance polaire de la comète.	log. fact. par. en ascension droite.	log. fact. par. en distance polaire.	Observateur.
Avril 12.	11h 18m 41s	6h 31m 19s,60	9° 57′ 12″,3	+0,4000	+$\bar{1}$,8326	Stephan.

Position moyenne de l'étoile de comparaison pour 1880,0.

Nom de l'étoile.	Grandeur.	Ascension droite.	Distance polaire.	Autorité.
904 Fedorenko.	8e	6h 25m 26s,20	9° 39′ 10″,5	Cat. de Fedorenko.

» La comète est modérément brillante; elle possède un petit noyau bien défini et une queue de plusieurs minutes. »

COSMOLOGIE. — *Sur la météorite tombée, le* 10 *mai* 1879, *près d'Estherville* (*Emmet County, Iowa, États-Unis*). Note de M. J. **Lawrence Smith**.

« La chute de cette météorite a offert des circonstances qui la rendent tout à fait exceptionnelle; aussi n'ai-je pas manqué, dès mon retour en Amérique, d'aller visiter les localités où le phénomène avait été observé.

En même temps, j'ai examiné avec soin les deux volumineuses masses qu'on a recueillies. Déjà plusieurs Notices ont résumé les particularités de la chute du 10 mai dernier; mais il me paraît indispensable d'y revenir encore, en quelques mots, avant de présenter les résultats chimiques auxquels m'a conduit l'analyse des nouvelles météorites.

» *Circonstances de la chute.* — La région où les météorites d'Estherville sont tombées est exactement située sur la frontière commune des États d'Iowa et de Minnesota (par 43°30′ de latitude nord et 94°50′ de longitude ouest). Elle fait partie de ce territoire si remarquable où, dans l'espace d'un seul mois, se sont succédé les trois chutes de Rochester (Indiana), de Cynthiana (Kentucky) et de Warrington (Missouri). J'en ai donné la carte dans un Mémoire inséré, il y a deux ans, dans les *Annales de Chimie et de Physique* [1].

» On a constaté, le 10 mai, les phénomènes ordinaires qui accompagnent les chutes météoritiques, mais avec une intensité tout à fait exceptionnelle. Le choc des pierres sur le sol fut si fort que deux personnes l'entendirent nettement à 200^{m} et 300^{m} de distance.

» Évidemment il s'est produit deux explosions successives. La première eut lieu à une certaine hauteur dans l'atmosphère, d'où résultèrent plusieurs grands fragments trouvés en divers points, sur une surface de 6^{kmq}, le plus volumineux occupant la situation la plus orientale. Une seconde explosion arriva au moment où le bolide allait toucher terre, et c'est d'elle que dérivent les petits éclats trouvés auprès du plus gros bloc.

» La plus grosse masse gisait à $2^{m},50$ au-dessous de la surface du sol. La seconde grosse masse était entrée à $2^{m},50$ de profondeur dans une argile bleue, à 3^{km} environ de la première. La troisième ne fut découverte que le 23 février 1880, après plus de neuf mois de séjour dans le sol. Celle-ci est tombée à 6^{km} environ de la première. Il y a quelques fragments plus petits, sans doute détachés de l'échantillon principal, au voisinage de la surface du sol, car on les a ramassés tout près de lui.

» Les blocs recueillis pèsent respectivement 198^{kg}, 78^{kg}, 42^{kg}, 13^{kg}, $4^{kg},5$, $2^{kg},2$, et 1^{kg}. Un ingénieur des chemins de fer estime à 60^{km} la hauteur du bolide quand il apparut et à un nombre un peu moindre son altitude au moment de l'explosion.

» *Examen des masses recueillies.* — Ces météorites sont brutes et noduleuses et présentent, de toutes parts, des protubérances irrégulières formant

---

[1] T. XIII, 1878.

de fortes saillies. La croûte noire n'est pas uniforme et offre bien plus d'épaisseur dans les concavités situées entre les protubérances, lesquelles présentent très souvent un brillant métallique non altéré et qui trahit leur nature ferreuse.

» La densité de ces météorites varie, suivant les points, et égale au moins en moyenne 4,5.

» De grands nodules de métal sont mélangés avec des minéraux pierreux. Cette météorite est unique, différant entièrement des météorites hétérogènes de Pallas, d'Atacama et des autres pierres riches en fer qui s'en rapprochent au premier abord. Sur une surface polie, au travers des nodules, les acides donnent les figures de Widmanstætten magnifiquement développées.

» L'analyse a révélé dans le métal :

Fer	92,00
Nickel	7,10
Cobalt	0,69
Cuivre	très faible quantité
Phosphore	0,112

» On reconnaît aussi, à première vue, la présence dans les échantillons d'un minéral d'un vert olive, remarquable par son clivage net et facile et en morceaux à contours fragmentaires de $0^{m},01$ à $0^{m},03$; ce minéral vert est irrégulièrement disséminé dans une matière pierreuse grise.

» La partie pierreuse, pulvérisée et débarrassée aussi exactement que possible du fer métallique à l'aide de l'aimant, se divisa après plusieurs heures, sous l'action de l'acide chlorhydrique étendu et chaud, en une partie soluble et en une partie insoluble. La proportion relative de ces deux parties est d'ailleurs très variable, puisque la partie soluble représente tantôt 16 pour 100 et tantôt 60 pour 100.

» Dans la partie soluble, la chaux fait absolument défaut, circonstance qui indique l'absence de l'anorthite.

» La partie insoluble, soigneusement analysée par la fusion avec le carbonate de soude, donna :

		Oxygène.	
Silice	54,12	29,12	
Protoxyde de fer	21,05	4,67	
Magnésie	24,50	9,80	
Soude avec traces de potasse et de lithine	0,09	0,023	14,406
Oxyde de chrome	traces		
Alumine	0,03	0,013	
	99,79		

» Le minéral insoluble rentre donc dans le type $\ddot{Si}\dot{R}$ ou $\ddot{Si}(\dot{Mg},\dot{Fe})$, c'est-à-dire la bronzite ou l'enstatite, si fréquents dans les météorites.

» En examinant le minéral vert déjà cité, je trouvai qu'il représente la partie facilement soluble dans l'acide. Dans une direction, il y a un clivage très net. Sa densité égale 3,35. Une fois pulvérisé, il est rapidement et complètement décomposé par l'acide chlorhydrique; sa dureté est de 7. Deux analyses furent faites, l'une par la décomposition à l'aide de l'acide chlorhydrique, l'autre par l'attaque au carbonate de soude. Les deux opérations, parfaitement concordantes, donnèrent :

			Oxygène.
Silice	41,50		22,13
Protoxyde de fer	14,20	3,12	20,98
Magnésie	44,64	17,80	

» Cela conduit à la formule $\ddot{Si}, 2\dot{R}$, qui est celle du péridot.

» Enfin on rencontre dans quelques parties de cette météorite un silicate opalescent, d'un gris verdâtre clair et facilement clivable. Bien que je possède 5^{kg} à 6^{kg} de la pierre, je n'ai pu séparer assez de ce silicate pour déterminer positivement ses vrais caractères ; j'espère cependant en découvrir plus tard. Une analyse, exécutée sur $0^{gr},100$, donna :

			Oxygène.
Silice	49,60		26,12
Protoxyde de fer	15,78	3,50	16,71
Magnésie	33,01	13,21	
	98,39		

résultats qui conduisent à la formule $2\ddot{Si}\,3\dot{R}$, équivalant à $\ddot{Si}\,\dot{R} + \ddot{Si}\,2\,\dot{R}$, c'est-à-dire 1 atome de bronzite, combiné à 1 atome d'olivine, forme de silicate que nous devons nous attendre à rencontrer dans les météorites.

» La troïlite existe en très faible quantité. Lorsque de petits fragments sont chauffés quelque temps avec l'acide chlorhydrique, et qu'on lave et dessèche le résidu, on reconnaît aisément la présence de petites particules noires et brillantes qui consistent en fer chromé. J'ai recherché soigneusement la présence d'un feldspath et de la schreibersite, sans rencontrer ni l'un ni l'autre minéral. L'alumine, dont on ne voit que des traces, a démontré clairement l'absence de tout autre feldspath.

» Le Tableau suivant résume la composition de cette météorite aussi complètement que j'ai pu la déterminer.

Bronzite	Abondant.
Olivine	Abondant.
Silicate non défini complètement jusqu'ici	Traces.
Fer nickelé	Abondant.
Chromite	Faible quantité.
Troïlite	Traces.

» Bien qu'il n'y ait rien de particulier à noter dans la composition de cette pierre, il faut cependant lui faire une place à part parmi les météorites, au point de vue des phénomènes qui ont accompagné la chute, et spécialement de la force de pénétration des échantillons dans le sol et à celui des caractères physiques, surtout en ce qui concerne le mode d'association des minéraux constituants. »

ÉCONOMIE RURALE. — *De l'escourgeon comme fourrage vert.* Note de MM. **Is. Pierre** et **Lemétayer**.

« Les nourrisseurs de la banlieue de Paris, les cultivateurs des départements voisins et les éleveurs du Calvados emploient souvent, comme fourrage vert, le seigle consommé sur place ou préalablement fauché.

» L'un de nous ([1]) a constaté, par l'analyse, il y a environ vingt-huit ans, que ce fourrage n'a pas la même valeur comme aliment à toutes les époques de son développement : ainsi, quand il est parvenu à une hauteur de $0^{m},18$ à $0^{m},20$, le seigle vert, pris à l'état naturel, dose $5^{gr},8$ d'azote par kilogramme; lorsqu'il est complètement desséché, ce même fourrage dose $22^{gr},8$ d'azote par kilogramme; lorsqu'il commence à épier, le seigle vert, pris à l'état naturel, dose $4^{gr},3$ d'azote par kilogramme et $18^{gr},1$ lorsqu'il est complètement privé d'humidité.

» L'*escourgeon* ou *sucrion*, employé au même usage par les nourrisseurs de la banlieue de Paris, est plus tendre que le seigle et plus recherché par les animaux; sa valeur sucrée lui a valu le nom de *sucrion*.

» Nous nous sommes proposé d'examiner la richesse de ce fourrage à diverses époques de son développement, et l'on trouvera ci-après le résultat de nos études.

([1]) Isidore Pierre.

» Nos essais ont été faits en 1878.

» Chacun de nos échantillons d'essai correspondait à une superficie de 2^{mq}. L'examen et l'analyse comparés de ces divers échantillons nous ont donné les résultats suivants :

Époque de la coupe.		Poids total à l'état vert.	Perte par dessiccation pour 100.	Matière sèche pour 100.
		kg	gr	gr
1878.	29 avril.......	5,030	94,25	5,75
	16 mai........	6,020	88,61	11,39
	31 mai........	5,040	80,60	19,40
	15 juin.......	3,700	78,52	21,48

Époque de la coupe.		Azote à l'état vert par kilog.	Azote par kilog. de matière sèche.
		gr	gr
1878.	29 avril....................	2,84	21,30
	16 mai....................	2,52	12,90
	31 mai....................	2,41	9,60
	15 juin....................	1,88	6,70

» Il résulte des données du premier Tableau que, dans l'espace de six semaines, le poids de la matière sèche a quadruplé, et que, dans le dernier mois d'observation, ce poids a plus que doublé.

» Ce Tableau nous montre encore que le 15 juin, c'est-à-dire une quinzaine de jours après l'épiage de l'escourgeon, celui-ci contenait encore près de 80 pour 100 de son poids d'eau, c'est-à-dire que, sur 100^{kg} de fourrage coupé en vert, il y avait encore près de 80^{kg} d'eau.

» Il résulte également de la comparaison des richesses des deux fourrages que c'est plutôt son abondance et sa précocité qui font rechercher l'escourgeon que sa richesse en matière azotée.

» Nous nous proposions de pousser ces études jusqu'à la maturité de l'escourgeon; mais la précocité de cette céréale, qui la fait mûrir avant la plupart des autres, l'expose aux ravages des oiseaux, et, sous ce rapport, nous étions dans de fort mauvaises conditions, parce que notre parcelle d'escourgeon se trouvait seule de son espèce dans la plaine où nous étions installés. Au moment de la complète maturité de la plante, les épis étaient presque aussi vides qu'après un battage soigné. »

M. le **Président** fait connaître les noms des Membres de l'Académie choisis pour former une Commission qui sera chargée, sur la demande de

M. de Lesseps, d'examiner les questions scientifiques relatives au percement de l'isthme de Panama.

MM. Daubrée, Sainte-Claire Deville, amiral Mouchez, Larrey, La Gournerie, Favé et Lalanne composent cette Commission.

M. de Lesseps, à l'occasion de la Communication de M. le Président, s'exprime en ces termes :

« J'aurai l'honneur de remettre à la Commission de l'Académie :

» Les procès-verbaux des séances de la Commission internationale chargée de préparer l'exécution du canal interocéanique ;

» Le rapport et les conclusions de la Commission;

» Les Cartes, plans, profils en long et en travers qui ont servi à établir les chiffres du Rapport;

» Le Mémoire spécial de M. Boutan, ingénieur des Mines, sur la géologie de l'isthme;

» Les dernières observations des ingénieurs et opérateurs qui ont été laissés sur la ligne projetée du canal et qui continuent leurs études supplémentaires;

» La sténographie d'un meeting de trois heures qui a été réuni à San Francisco avec le concours des Ingénieurs les plus compétents de la Californie et des Membres de la Chambre de commerce, séance dans laquelle soixante-cinq questions m'ont été posées et qui a été terminée par l'approbation unanime de mes réponses.

» Dans ce moment je prends des arrangements avec les intelligents et habiles entrepreneurs de travaux publics Couvreux et Hersent, qui se chargent de l'exécution du canal interocéanique sous le contrôle de nos ingénieurs.

» Le travail sera très simple et se réduira aux termes suivants :

» 75 millions de mètres cubes à excaver d'un océan à l'autre;

» 8000 ouvriers pendant six ans;

» 250 journées de travail chaque année, ce qui fera 1500 journées pendant lesquelles on fera par jour 50000 mètres cubes, principalement avec l'emploi des machines et de la vapeur. »

M. Th. du Moncel, au sujet de l'intéressante Communication de M. *Bouty* sur les courants thermo-électriques développés au contact d'un métal et d'un liquide, croit devoir rappeler la Note de M. Hellesen qui a

été publiée dans les *Comptes rendus* de l'année 1877, t. LXXXIV, p. 83, et les expériences qu'il a entreprises lui-même sur cette question en 1872, expériences dont il tire les déductions suivantes (voir les *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 958, 1100, 1504 et la *Notice* sur ses travaux, p. 11) :

« 1° Quand un couple est constitué avec des lames d'un même métal placées dans des conditions identiques, et qu'il ne se développe pas de courant différentiel à la température ambiante, il suffit de chauffer l'une ou l'autre de ces lames pour lui donner une polarité électronégative quel que soit le métal, et lui faire fournir un courant comme si elle représentait un pôle positif. Si un courant est déjà produit, l'action de la chaleur a pour effet de diminuer ce courant, quand la lame chauffée est électropositive, c'est-à-dire quand elle joue le rôle de lame oxydée; elle augmente, au contraire, la déviation quand cette lame est électronégative, c'est-à-dire fournit au courant l'électricité positive. En même temps, les effets de polarisation sont notablement amoindris sur la lame chauffée.

» 2° Il résulte de cette action que, si les électrodes sont facilement attaquables, le courant produit par l'échauffement de l'une d'elles, et qui sera dans un certain sens dans l'origine, pourra subir après un certain temps d'échauffement une inversion; car la lame chauffée, en se dépolarisant sous l'influence de la chaleur, devient plus facilement oxydable, et tend, en conséquence, à développer un courant de sens contraire, qui devient bientôt prédominant et qui peut même se renverser de nouveau par suite du refroidissement de la lame, quand les effets de polarisation qui s'y trouvent alors facilement développés ont repris le dessus.

» 3° Les effets de la chaleur sur les électrodes polaires des couples voltaïques ne sont pas inhérents seulement aux couples dont nous parlons; ils se retrouvent également dans les couples où les électrodes sont de nature différente, et il en résulte alors un accroissement d'énergie dans le courant qu'ils produisent et une plus grande constance dans les effets déterminés, quand, toutefois, la lame chauffée est électronégative; mais l'inverse a lieu quand on chauffe la lame électropositive. Naturellement ces effets sont d'autant plus marqués que la pile est plus susceptible de se polariser. »

M. Milne Edwards offre à l'Académie le quatorzième et dernier Volume de son Ouvrage intitulé « Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux ». Afin de rendre ce Livre facile à consulter, il y sera joint une Table des matières très détaillée, qui paraîtra prochaine-

ment; mais, pour la préparation de cette Table, l'intervention de l'auteur n'est pas indispensable, et, par conséquent, le travail auquel celui-ci a consacré les vingt-cinq dernières années peut être considéré comme terminé.

M. **Dausse** communique à l'Académie, sur l'endiguement du Tibre à Rome, une Lettre qu'il vient d'adresser à M. le Ministre des Travaux publics du royaume d'Italie.

Dans cette Lettre, M. Dausse rappelle les idées qu'il a déjà exprimées plusieurs fois sur la nécessité de l'abaissement et du creusement du lit du Tibre, insiste sur la régularisation du cours du fleuve et condamne l'exhaussement indéfini des quais.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les Concours de l'année 1880.

Le dépouillement donne les résultats suivants :

Prix Bordin. — Étude approfondie d'une question relative à la géologie de la France.

MM. Daubrée, Hébert, Delesse, Des Cloizeaux et Milne Edwards réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. H. Sainte-Claire Deville et Damour.

Prix Barbier : MM. Gosselin, Vulpian, Chatin, Bussy, baron Larrey réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. Marey et Cosson.

Prix Desmazières : MM. Duchartre, Van Tieghem, Decaisne, Trécul et Chatin réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. Cosson et Pasteur.

Prix de la Fons Mélicocq : MM. Duchartre, Decaisne, Van Tieghem, Chatin et Trécul réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. Cosson et Naudin.

Prix Thore : MM. Blanchard, Duchartre, Milne Edwards, Decaisne et Trécul réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. Chatin et Lacaze-Duthiers.

Grand prix des Sciences physiques. — Étude du mode de distribution des animaux marins du littoral de la France.

MM. Milne Edwards, de Quatrefages, Lacaze-Duthiers, Alph. Milne Edwards et Blanchard réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui après eux ont obtenu le plus de voix sont MM. Ch. Robin et Hébert.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

HYDRODYNAMIQUE. — *Quelques considérations à l'appui d'une Note du 29 mars, sur l'impossibilité d'admettre, en général, une fonction des vitesses dans toute question d'Hydraulique où les frottements ont un rôle notable.* Note de M. **J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

« Dans une Note du 12 avril 1880 (*Comptes rendus,* t. XC, p. 857), M. Bresse reconnaît que la démonstration de Lagrange, relative à l'existence pour toute époque d'une fonction φ des vitesses dès que cette fonction existe à une époque particulière, peut se trouver en défaut quand on l'étend aux fluides naturels ou à frottements, et que je l'ai prouvé bien positivement sur un exemple particulier; mais il qualifie encore d'*exceptionnels* les cas où cette démonstration ne s'applique pas (cas dont il avait, du reste, pressenti la possibilité dès son article du 8 mars, quoiqu'il y ajoutât que leur existence n'était pas facile à établir d'une manière suffisamment nette et précise). Or je pense, au contraire, que ces cas embrassent au moins toute l'Hydraulique pratique et qu'ils s'étendent même à tous les mouvements des fluides contenus dans des lits solides. Je demande donc à l'Académie la permission d'ajouter ici quelques réflexions, non pour continuer une discussion que je regarde, ainsi que mon honorable contradicteur, comme terminée quant au point essentiel, mais à cause de l'intérêt que présente en Hydrodynamique la question controversée.

» Les phénomènes d'écoulement qui s'observent soit dans un tuyau plein dont on débouche l'extrémité inférieure, soit dans un canal découvert où l'on fait naître une pente de surface en soulevant, par exemple, une vanne, ont pour type, dans leur première période, où ils sont encore parfaitement continus et réguliers, les mouvements beaucoup plus simples dont ma Note du 29 mars a donné les lois, et qui sont ceux d'un volume fluide de dimensions infinies, limité d'un côté par une paroi plane mouillée, quand

il se met à couler par filets rectilignes et parallèles sous l'action d'une force accélératrice constante. En effet, que la force accélératrice provienne, dans le tuyau ou le canal, soit d'un excès de la pression d'amont sur celle d'aval, soit d'une pente de superficie, l'influence retardatrice de la paroi sensiblement plane comprise entre deux génératrices peu distantes du lit prismatique ou cylindrique ne se fera d'abord sentir, avec une intensité *appréciable,* que dans la région voisine de cette paroi même, en sorte qu'il se passera un certain temps avant que les influences analogues des autres parois atteignent cette région, et qu'on pourra, par suite, vers le commencement du mouvement, y évaluer les variations de la vitesse comme si le fond (c'est-à-dire la paroi considérée) avait une largeur indéfinie et la masse fluide une épaisseur également indéfinie. *Le cas traité dans la Note du 29 mars est donc l'expression la plus simple de ce qui se passe au début de tout écoulement fluide, et il en montre le mécanisme général, dégagé des complications accessoires.* Aussi les valeurs de la vitesse y comportent-elles une forme finie ou ne contenant du moins qu'une intégrale définie simple.

» Au contraire, la formule de la vitesse se complique énormément et devient la somme d'une infinité de solutions particulières quand on considère la période suivante, où chaque filet fluide est désormais soumis à la force accélératrice donnée et aux influences retardatrices de toutes les parois [1]. Mais, la fonction φ ne s'étant pas conservée dans la première partie du phénomène (à l'origine duquel elle existait), il n'y a plus lieu d'espérer qu'elle se produira, et c'est bien ce que montre la forme même des solutions particulières (simples), dont l'une, la moins complexe, exprime l'état permanent ou *de régime* vers lequel tend le mouvement, tandis que les autres contiennent en facteur des exponentielles affectées d'exposants négatifs proportionnels au temps. En effet, dans chacune de ces intégrales simples, la vitesse est inégale pour les divers filets, condition sans laquelle il ne se développerait entre eux aucun frottement. Or, si la fonction φ existait, les surfaces $\varphi = \text{const.}$, perpendiculaires à tous les filets fluides, ne pourraient différer notablement des sections normales du lit, sections *équidistantes,* et la vitesse, alors égale à la dérivée de φ dans le sens normal à ces surfaces, aurait, au moins à très peu près, la même valeur pour tous les filets. Il y a

---

(1) Voir, pour cette question, les §§ II, III, IV et VII d'un Mémoire *Sur l'influence des frottements dans les mouvements réguliers des fluides,* au *Journal de Mathématiques pures et appliquées* de 1868 (t. XIII). Les formules de l'état variable ne sont réellement accessibles que dans le cas d'un tube plein dont la section est un rectangle de base indéfinie.

donc contradiction entre l'existence de la fonction φ et la manière ordinaire dont agissent les frottements, ce que prouvait d'ailleurs une remarque du commencement de ma Note du 29 mars.

» Par suite, il faut, en thèse générale, écarter le théorème de Lagrange des questions où les résistances passives ont un certain rôle, quoique ce théorème soit, au contraire, rigoureusement démontrable pour ces fluides imaginaires appelés *fluides parfaits*, et quoiqu'on puisse pratiquement l'admettre pour les fluides réels, avec une approximation plus ou moins grande, quand il s'agit de mouvements, soit de peu de durée, soit alternatifs, où les composantes des vitesses naissent dans des temps assez courts pour que la petite action des frottements y reste masquée. L'exemple simple traité dans la Note du 29 mars montre d'ailleurs à quelle circonstance tient, pour le cas des fluides naturels (dits *imparfaits*) supposés d'abord en repos, le défaut de rigueur de la démonstration de Lagrange, basée sur l'hypothèse que les trois différences $\alpha = \frac{dv}{dz} - \frac{dw}{dy}$, $\beta = \ldots$, $\gamma = \ldots$ soient développables, par la série de Maclaurin, suivant les puissances d'un petit temps t écoulé depuis l'époque où ces différences étaient nulles. Les frottements font naître α, β, γ d'une manière tellement graduelle, qu'ils ne changent brusquement ni leurs valeurs ni même aucune de leurs dérivées successives par rapport au temps. Ces fonctions α, β, γ ont donc, pour $t = 0$, leurs dérivées des divers ordres, jusqu'à l'infini, nulles, et la formule de Maclaurin, tout en leur étant applicable quand on y compte son terme complémentaire classique, n'a cependant aucune prise sur elles, parce qu'elles se réfugient, en quelque sorte, tout entières, dans ce terme complémentaire non développé. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la dépendance de deux gyroscopes électromagnétiques soumis à un même circuit d'induction*. Note de M. **W. de Fonvielle.**

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Sans rien changer ni à l'intensité du courant primaire ni à la disposition de la bobine Ruhmkorff à gros fil extérieur, j'ai eu l'idée d'intercaler dans le même circuit d'induction une seconde machine gyroscopique semblable à la première, de sorte que les deux marchent pour ainsi dire en tension. Il est facile de constater que la vitesse de la rotation du mobile placé dans chacun des cadres est moindre que si chacune des machines

était la seule qui fût dans le circuit. Mais la somme des travaux moteurs paraît augmentée.

» Les expériences que nous avons exécutées avec une machine réussissent aussi complètement avec deux machines conjuguées que celles dont l'Académie a été témoin avec une seule. L'inversion du courant primaire produit l'inversion du sens de la rotation des deux mobiles aussitôt que la force vive qu'on a laissé accumuler pendant la rotation précédente a fini de s'épuiser.

» En intervertissant l'ordre des pôles de l'aimant placé au-dessus du cadre n° 1, on change la direction de la rotation du solide n° 1, et le solide n° 2 continue à tourner dans le même sens tant qu'on ne touche point à l'aimant n° 2, sous l'influence duquel il est placé.

» Mais j'ai cru remarquer que la vitesse de la rotation du solide n° 2 s'est trouvée accélérée quand le solide n° 1 tournait dans le même sens que lui et diminuée dans le cas où l'on obligeait ce même solide n° 1 à tourner en sens inverse en intervertissant l'ordre des pôles de son aimant. Mais ce n'est pas tout. Si l'on enlève le mobile n° 1 de son cadre sans rien changer aux autres conditions de l'expérience, on voit le mobile n° 2 prendre une vitesse visiblement accélérée. Si dans ce cadre que l'on vient de rendre disponible on introduit des morceaux de fer ou des aimants, on voit le mouvement du mobile n° 2 devenir moins rapide; ce ralentissement est d'autant plus considérable que la masse de métal magnétisable soumise ainsi à l'influence de l'induction est elle-même plus notable. En formant ainsi un plancher continu dans l'intérieur du cadre n° 1 avec trois ou quatre aimants droits, je suis parvenu *à réduire la vitesse du solide n° 2 à* 40 *pour* 100 *de sa valeur normale.*

» Ces expériences pourraient être exécutées à une distance de plusieurs kilomètres si les deux gyroscopes électromagnétiques étaient conjugués par deux fils suffisamment longs. Elle réussirait indubitablement quel que soit le nombre des gyroscopes placés dans le même circuit. Ne faut-il pas conclure de ces deux expériences si nettes, si faciles à exécuter même en public, que la symétrie des attractions exercées par le cadre se trouve rompue par le travail des réactions analogues, développées par le mouvement entre les molécules magnétisables mobiles et les centres magnétiques fixes ainsi qu'entre ces premières et les courants d'induction? Ne doit-on pas se dire que la théorie basée sur l'intervention de la force coercitive est insuffisante pour expliquer des phénomènes offrant une telle complication et susceptibles d'agir à distance par une sorte de sympathie? »

M. **Luigi** adresse une Communication relative au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

MM. **Brandt**, **Péters** adressent des remercîments à l'Académie pour les récompenses dont leurs travaux ont été l'objet dans la dernière séance publique.

M. **Maurice Lévy** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à la place actuellement vacante dans la Section de Mécanique.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. le **Secrétaire perpétuel**, en annonçant la mort prématurée de M. *de Luca*, à qui son long séjour en France avait fait, parmi nous, de nombreux amis, rappelle quelques-uns des travaux présentés par ce savant à l'Académie.

M. de Luca, qui a publié un grand nombre de Notes ou Mémoires, a étudié la composition du blé des diverses régions de l'Italie, la fermentation alcoolique des fruits, la nature chimique du sol au voisinage de Pouzzoles et les gaz ou vapeurs rejetés par la solfatare. Dans ces derniers temps, il avait adressé des recherches chimiques sur divers objets trouvés à Pompéi : bronzes, matières grasses, substances filamenteuses, carbonisées, etc.

Les chimistes avaient en M. de Luca un représentant très utile et très actif en Italie. Les études qu'il avait entreprises sur le mode de formation de l'huile dans les olives et sur les propriétés singulières de la cyclamine mériteraient d'être poursuivies et complétées.

GÉOMÉTRIE CINÉMATIQUE. — *La surface de l'onde considérée comme surface limite.* Note de M. A. **Mannheim**.

« Cinq conditions permettent le déplacement d'une figure de forme invariable : les points de la figure mobile décrivent alors des lignes trajectoires. Si la figure n'est assujettie qu'à quatre conditions, ses points décrivent leurs surfaces trajectoires. Enfin, si la figure est assujettie à moins de quatre conditions, ses points, en général, peuvent être déplacés d'une infinité de manières. Je dis en général, parce qu'il y a une surface qui limite la région de

l'espace que les points de la figure peuvent occuper, et que les points appartenant à cette surface limite ne sont pas susceptibles d'être déplacés de toutes les manières possibles. Pour les droites et les plans de la figure mobile, il y a aussi des surfaces limites.

» Dans les numéros de juin et octobre 1879 du *Quarterly Journal*, M. J.-W.-L. Glaisher a considéré une surface limite de ce genre. Il a déterminé l'équation de la surface qui limite la région des positions que peut prendre le milieu d'une corde de grandeur constante dont les extrémités doivent rester sur un ellipsoïde donné.

» Relativement à cette surface, quelques propositions de Géométrie cinématique m'ont conduit à ces résultats : *Lorsque pour une position de la corde mobile les normales à l'ellipsoïde, dont les pieds sont les extrémités de cette corde, se rencontrent, le milieu de cette corde appartient à la surface limite. La droite, qui joint ce point milieu au point de rencontre de ces normales, est normale à cette surface limite.*

» Aujourd'hui je vais donner quelques résultats relatifs à la surface de l'onde considérée comme surface limite d'une droite liée à une figure mobile de forme invariable.

» Le regretté M. Painvin, qui a étudié [1] *le complexe du deuxième ordre formé par les arêtes d'un dièdre droit dont les faces sont tangentes à un ellipsoïde*, est arrivé à ce théorème :

» *Les droites réelles du complexe passent toutes entre les deux nappes d'une surface de l'onde, sans jamais pénétrer dans l'intérieur de la nappe inférieure : les positions limites de ces droites sont des tangentes à la surface de l'onde.*

» C'est en partant de cette propriété et à l'aide de quelques propositions de Géométrie cinématique que j'ai trouvé ce qui suit :

» *L'arête d'un des dièdres droits circonscrits à l'ellipsoïde est une droite limite* G, *lorsque les normales* A, B *à cette surface, dont les pieds sont les points de contact a, b des faces* (A), (B) *de ce dièdre, se rencontrent.*

» Ou autrement : *lorsque* G *est perpendiculaire à sa polaire ab.*

» *Le point de contact* c *de* G *et de la surface limite, qui est une surface de l'onde, est le point de rencontre de cette droite et du plan* (A, B).

» De là résulte cette nouvelle génération de la surface de l'onde :

» *Si un angle droit acb circonscrit à un ellipsoïde est tel que son plan est normal à cette surface aux points de contact a, b de ses côtés, son sommet appartient à une surface de l'onde* [*c*].

» *Quel que soit le déplacement du plan mobile acb, son foyer est au point de*

---

[1] *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 2e série, t. XI, 1872.

rencontre f des normales A, B. *La droite cf est la normale à la surface de l'onde* [*c*].

» Autrement : *La normale à la surface de l'onde* [*c*] *est la droite qui joint le sommet c de l'angle droit au milieu de la corde de contact ab des côtés de cet angle.*

» *Le plan de l'angle droit acb est tangent en son sommet c à un hyperboloïde homofocal à l'ellipsoïde.*

» On peut déplacer l'angle droit circonscrit *acb* de façon que son plan, toujours doublement normal à l'ellipsoïde, reste tangent à cet hyperboloïde au sommet *c*. Ce point décrit alors une courbe (*c*).

» *Le long de la courbe* (*c*), *la surface de l'onde* [*c*] *et cet hyperboloïde se rencontrent à angle droit.*

» *Les cônes circonscrits à l'ellipsoïde, dont une section principale est un angle droit, ont leurs sommets sur la surface de l'onde* [*c*].

» Parmi ces cônes, ceux qui sont de révolution ont leurs sommets aux points coniques de la surface de l'onde.

» *On projette orthogonalement l'ellipsoïde sur son plan tangent en un point quelconque m et l'on mène de m des normales à la ligne de contour apparent ainsi obtenue : les pieds de ces normales appartiennent à la surface de l'onde* [*c*].

» En transformant par polaires réciproques quelques-uns des résultats précédents, on trouve :

» *Les cordes d'un ellipsoïde, qui sont vues à angle droit du centre o de cette surface, ont pour surface limite une surface de l'onde* [γ].

» *Les cordes, qui touchent la surface de l'onde* [γ], *sont telles que les plans diamétraux qui les contiennent sont respectivement perpendiculaires aux plans diamétraux qui contiennent leurs polaires prises par rapport à l'ellipsoïde.*

» *Le point où une corde limite touche la surface de l'onde* [γ] *est le pied de la perpendiculaire abaissée du centre o sur cette corde.*

» *Si un angle circonscrit à l'ellipsoïde est toujours tel que le diamètre qui contient son sommet et les diamètres qui passent par les points de contact de ses côtés forment un trièdre trirectangle, le plan de cet angle reste tangent à une surface de l'onde. Le point de contact de ce plan est le pied de la perpendiculaire abaissée du centre de l'ellipsoïde sur la corde de contact de l'angle circonscrit.*

» *Si la section faite dans l'ellipsoïde par un plan* (P) *est la base d'un cône de révolution, dont le sommet est au centre de l'ellipsoïde, et dont l'angle au sommet est droit, le plan* (P) *touche la surface de l'onde* [γ] *suivant une circonférence de cercle.*

» Enfin on trouve facilement que :

» *Les pieds des perpendiculaires abaissées du centre o d'un ellipsoïde sur les cordes vues de ce point à angle droit occupent dans l'espace une région qui est limitée par une surface de l'onde.*

» Dans une prochaine séance, je ferai connaître les généralisations de quelques-uns des résultats renfermés dans cette Note. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le calcul numérique des intégrales définies.* Note de M. **B. Baillaud**, présentée par M. Hermite. (Extrait.)

« Gauss a montré que, si dans l'évaluation de l'intégrale

$$\int_0^1 y\,dt$$

on remplace y par un polynôme entier du degré n, ayant les mêmes valeurs que y pour $n+1$ valeurs de t, on aura la plus grande précision possible, en posant

$$x = 1 - 2t,$$

et choisissant pour les $n+1$ valeurs de x les racines de l'équation

$$X_{n+1} = 0,$$

X_{n+1} désignant le $n+1^{\text{ième}}$ polynôme de Legendre. La démonstration donnée par Gauss est difficile; Jacobi est parvenu au résultat par une voie extrêmement élégante; il sera peut-être utile de remarquer que les idées de Gauss donnent le résultat en quelques lignes comme il suit.

» On reconnaît aisément que les valeurs de t sont les racines d'un polynôme

$$T = t^{n+1} + \alpha_1 t^n + \alpha_2 t^{n-1} + \ldots + \alpha_{n+1},$$

dont les coefficients satisfont aux $n+1$ équations suivantes :

$$\mu = \frac{\alpha_{n+1}}{h} + \frac{\alpha_n}{h+1} + \ldots + \frac{\alpha_1}{h+n} + \frac{1}{h+n+1} = 0 \quad (h = 1, 2, \ldots n+1).$$

Or ces équations se résolvent immédiatement ainsi :

» La fonction μ ne diffère que par un facteur constant de celle-ci,

$$\nu = \frac{(h-1)(h-2)\ldots(h-n-1)}{h(h+1)\ldots(h+n+1)}.$$

» Si l'on décompose ν en fractions simples sous cette forme,

$$\nu = \frac{B_0}{h} + \frac{B_1}{h+1} + \dots + \frac{B_{n+1}}{h+n+1},$$

on trouve

$$B_p = (-1)^{n+1} \frac{(p+1)(p+2)\dots(p+n+1)}{(-p)(-p+1)\dots(-p+n+1)},$$

en supposant que l'on n'écrive pas au dénominateur le facteur qui serait nul.

» Les quantités

$$\frac{B_n}{B_{n+1}}, \frac{B_{n-1}}{B_{n+1}}, \dots$$

sont respectivement égales à

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots.$$

Donc le polynôme T est le suivant :

$$T = t^{n+1} - \frac{n+1}{2n+2} \frac{n+1}{1} t^n + \frac{(n+1)n}{(2n+2)(2n+1)} \frac{(n+1)n}{1.2} t^{n-1} + \dots,$$

ou, en ordonnant suivant les puissances ascendantes de t et divisant par le terme indépendant de t,

$$\begin{aligned} T &= 1 - \frac{n+2}{1} \frac{n+1}{1} t + \frac{(n+2)(n+3)}{1.2} \frac{(n+1)n}{1.2} t^2 + \dots \\ &= F[n+2, -(n+1), 1, t], \end{aligned}$$

$F(\alpha, \beta, \gamma, x)$ désignant la série hypergéométrique.

» Si l'on désigne par P_{n+1} ce que devient X_{n+1} quand on y remplace x par $\cos\theta$, on a

$$P_{n+1} = F\left[n+2, -(n+1), 1, \sin^2\frac{\theta}{2}\right].$$

» Si donc on pose

$$1 - 2t = x,$$

T deviendra la $(n+1)^{\text{ième}}$ fonction sphérique X_{n+1}.

» La méthode précédente s'applique aussi à la recherche d'une fonction de la forme

$$\sin\frac{x-x_1}{2} \sin\frac{x-x_2}{2} \dots \sin\frac{x-x_{2n+1}}{2},$$

satisfaisant aux conditions suivantes :

$$\int_0^{2\pi} \varphi(x) \begin{smallmatrix}\cos\\ \sin\end{smallmatrix} (px)\, dx = 0 \quad (p = 0, 1, 2, \dots, n).$$

» En posant

$$x = 2\theta,$$

on trouve

$$\varphi(x) = P_{2n+1}. \text{ »}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires simultanées et sur une classe de courbes gauches.* Note de M. É. **Picard**, présentée par M. Hermite.

« Considérons le système d'équations linéaires simultanées

$$\frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + \ldots + a_{1n}x_n,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{dx_n}{dt} = a_{n1}x_1 + \ldots + a_{nn}x_n,$$

où l'on suppose que les coefficients soient des fonctions doublement périodiques de la variable t.

» On pourra étendre à ce système les résultats que j'ai déjà eu l'honneur de communiquer à l'Académie (*Comptes rendus*, 16 janvier 1880), relativement à une équation linéaire unique à coefficients doublement périodiques. Je me propose, dans cette Note, de considérer le système suivant, formé de trois équations

$$\text{(I)} \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -Av + Bw, \\ \frac{dv}{dt} &= +Au - Cw, \\ \frac{dw}{dt} &= -Bu + Cv. \end{aligned} \right.$$

» Ce système jouit de la propriété de coïncider avec son système adjoint, tel qu'il a été envisagé par M. Darboux dans une Note récente sur les équations linéaires simultanées (*Comptes rendus*, 16 mars 1880). A et B sont des fonctions doublement périodiques de t aux périodes $2K$ et $2iK'$, et je supposerai, ce que l'on pourra reconnaître aisément, que les intégrales sont uniformes. Nous allons montrer qu'il y a toujours dans ce cas un système d'intégrales formé de fonctions doublement périodiques de première espèce, les périodes pouvant être, dans certains cas, $4K$ et $4iK'$ au lieu de $2K$ et

$2iK'$. Soit

(II) $$\begin{cases} u_1 & v_1 & w_1, \\ u_2 & v_2 & w_2, \\ u_3 & v_3 & w_3 \end{cases}$$

un système fondamental d'intégrales. On voit sans peine que

(III) $$u_m u_n + v_m v_n + w_m w_n = C_{mn},$$

m et n désignant l'un des nombres 1, 2, 3, et m pouvant être égal à n; les C sont des constantes. Supposons d'abord que le système (II) soit formé de fonctions de seconde espèce aux multiplicateurs respectifs λ_1, λ_2, λ_3 et λ'_1, λ'_2, λ'_3. Admettons que les constantes C_{11}, C_{22}, C_{33} ne soient pas toutes courbes : il existe une direction telle que la tangente, la normale principale et la binormale, pour tous les points de la courbe situés à une distance les uns des autres égale à la période, font avec elle des angles respectivement égaux. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la série* $F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y)$. Note de M. APPELL, présentée par M. Bouquet.

« La série $F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y)$ définie précédemment (p. 296) peut être représentée par une intégrale définie semblable à celle dont s'est occupé Jacobi (*Journal de Crelle*, t. LVI, p. 149). Posons

$$f(u, v) = u^{\alpha-1} v^{\alpha'-1} (1 - u - v)^{\gamma-\alpha-\alpha'-1}$$

et supposons

(1) $$\alpha > 0, \quad \alpha' > 0, \quad \gamma - \alpha - \alpha' > 0;$$

on a

(2) $$\begin{cases} \iint f(u, v)(1 - ux)^{-\beta}(1 - vy)^{-\beta'}\, du\, dv \\ \quad = \dfrac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha')\Gamma(\gamma-\alpha-\alpha')}{\Gamma(\gamma)} F_3(\alpha, \alpha', \beta, \beta', \gamma, x, y), \end{cases}$$

l'intégrale double étant étendue, ainsi que toutes les suivantes, aux valeurs réelles de u et v telles que

$$u \geq 0, \quad v \geq 0, \quad 1 - u - v \geq 0.$$

» Supposons, en particulier, $\beta = 1$, $\beta' = 1$, et remplaçons dans la for-

mule (2) x et y respectivement par $\frac{1}{x}$ et $\frac{1}{y}$; cette formule devient

$$(3) \quad \iint \frac{f(u,v)}{\left(1-\frac{u}{x}\right)\left(1-\frac{v}{y}\right)} du\,dv = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha')\Gamma(\gamma-\alpha-\alpha')}{\Gamma(\gamma)} F_3\left(\alpha,\alpha',1,1,\gamma,\frac{1}{x},\frac{1}{y}\right).$$

L'intégrale double du premier membre de la relation (3) est de la forme de celles qui ont été étudiées par Didon (*Annales de l'Ecole Normale*, 1re série, t. VII, p. 265). Je vais appliquer à cette intégrale la méthode indiquée par Didon, avec quelques modifications faciles à apercevoir.

» Proposons-nous, par analogie avec la question qui se présente dans le développement d'une fonction d'une variable en fraction continue, de former un polynôme $Q(x,y)$, de degré $m+n$, tel que le produit

$$(4) \quad Q(x,y) F_3\left(\alpha, \alpha', 1, 1, \gamma, \frac{1}{x}, \frac{1}{y}\right),$$

ordonné par rapport aux puissances décroissantes de x et y, ne contienne aucun terme en $\frac{1}{x^h y^k}$, où h et k sont des entiers positifs ou nuls vérifiant les relations

$$(5) \quad h+k < m+n,$$

ou bien

$$h+k = m+n \quad \text{avec} \quad h \gtrless m, \quad k \lessgtr n.$$

Ce polynôme $Q(x,y)$ est déterminé, à un facteur constant près, par les conditions précédentes; je vais montrer que l'on a

$$Q(x,y) = \frac{1}{f(x,y)} \frac{d^{m+n}[x^m y^n (1-x-y)^{m+n} f(x,y)]}{dx^m\,dy^n}.$$

On a ainsi une proposition analogue à celle démontrée par Jacobi dans le § 8 du Mémoire cité plus haut.

» Pour démontrer cette proposition, je remarque d'abord que l'intégration par parties donne

$$(6) \quad \iint f(u,v) Q(u,v) u^h v^k du\,dv = 0,$$

les entiers positifs ou nuls h et k vérifiant les conditions (5). Puis je consi-

dère l'identité suivante indiquée par Didon (*loc. cit.*, p. 267),

$$
(7)\quad\left\{\begin{aligned}
&Q(x,y)\iint\frac{f(u,v)\,du\,dv}{\left(1-\frac{u}{x}\right)\left(1-\frac{v}{y}\right)}=\iint\frac{Q(x,v)-Q(u,v)}{\left(1-\frac{u}{x}\right)\left(1-\frac{v}{y}\right)}f(u,v)\,du\,dv\\
&\quad+\iint\frac{Q(u,y)-Q(u,v)}{\left(1-\frac{u}{x}\right)\left(1-\frac{v}{y}\right)}f(u,v)\,du\,dv+\iint\frac{f(u,v)Q(u,v)}{\left(1-\frac{u}{x}\right)\left(1-\frac{v}{y}\right)}\,du\,dv\\
&\quad+xy\iint\Phi(x,y,u,v)f(u,v)\,du\,dv,
\end{aligned}\right.
$$

où $\Phi(x, y, u, v)$ désigne une fonction entière de x, y, u, v.

» Dans le développement du second membre de cette identité, suivant les puissances décroissantes de x et y, les termes de la forme $\frac{A_{hk}}{x^h y^k}$, h et k étant des entiers positifs ou nuls, proviennent de la troisième intégrale seulement; en effet, la première intégrale est une fonction entière de x contenant x en facteur, la deuxième une fonction entière de y contenant y en facteur, et la quatrième une fonction entière de x et y contenant xy en facteur. Mais, dans le développement de la troisième intégrale, le coefficient A_{hk} de $\frac{1}{x^h y^k}$ est

$$A_{hk}=\iint f(u,v)\,Q(u,v)\,u^h v^k\,du\,dv,$$

coefficient qui, d'après (6), est nul dès que h et k vérifient les conditions (5). La proposition est donc démontrée; et, quoique la démonstration suppose remplies les conditions (1), il est évident que la proposition est vraie quels que soient α, α', γ.

Dans le cas particulier où l'on a $\gamma=\alpha+\alpha'+1$, le polynôme $Q(x,y)$ est (p. 734 de ce Volume), à un facteur constant près, égal à

$$F_2(-m-n,\ m+\alpha,\ n+\alpha',\ \alpha,\ \alpha',\ x,\ y).$$

» J'indique, en terminant, les expressions des séries F_1 et F_2 sous forme d'intégrales doubles,

$$
(8)\quad\left\{\begin{aligned}
&\iint u^{\beta-1}v^{\beta'-1}(1-u-v)^{\gamma-\beta-\beta'-1}(1-ux-vy)^{-\alpha}\,du\,dv\\
&\quad=\frac{\Gamma(\beta)\Gamma(\beta')\Gamma(\gamma-\beta-\beta')}{\Gamma(\gamma)}F_1(\alpha,\beta,\beta',\gamma,x,y),
\end{aligned}\right.
$$

l'intégration étant étendue aux mêmes valeurs que toutes les précédentes :

$$
(9)\quad\left\{\begin{aligned}
&\int_0^1\!\int_0^1 u^{\beta-1}v^{\beta'-1}(1-u)^{\gamma-\beta-1}(1-v)^{\gamma'-\beta'-1}(1-ux-vy)^{-\alpha}\,du\,dv\\
&\quad=\frac{\Gamma(\beta)\Gamma(\beta')\Gamma(\gamma-\beta)\Gamma(\gamma'-\beta')}{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma')}F_2(\alpha,\beta,\beta',\gamma,\gamma',x,y).\ »
\end{aligned}\right.
$$

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'influence de la température sur la durée de la période d'un diapason.* Note de M. E. MERCADIER.

« Dans un Mémoire inséré dans le n° 11 (p. 444) des *Annales de Physique et de Chimie* de M. G. Wiedemann (octobre 1879), Mémoire dont je viens de prendre connaissance, M. Kayser, étudiant la question indiquée par le titre de cette Note, s'exprime ainsi (p. 445) en parlant des physiciens qui se sont occupés avant lui de cette question :

« .... Mercadier s'est le plus occupé de cette question; il a même fait une expérience sur l'influence de la température, mais il ne l'a pas poussée plus loin et est arrivé à cette fausse conclusion que, lorsque les variations de température ne sont pas trop importantes, le nombre des vibrations reste constant à $\frac{1}{10000}$ près.... »

» Effectivement, dans les *Comptes rendus* du 30 octobre 1876 et dans le *Journal de Physique* de 1876, page 212, se trouve la phrase suivante, où il s'agit d'un diapason :

« .... Pourvu qu'on ne dépasse pas une amplitude de 2^{mm} à 3^{mm} et qu'on opère à des températures *peu différentes*, on est certain d'avoir le même nombre de périodes par seconde, à $\frac{1}{10000}$ près.... »

» Mais il y a là une faute d'impression que j'ai laissé passer je ne sais comment. Il faut lire *à* $\frac{1}{1000}$ *près*, au lieu de $\frac{1}{10000}$: sans quoi ma conclusion serait en effet *fausse*, comme le dit M. Kayser.

» Il ne saurait y avoir de doute d'ailleurs sur ce point qu'il n'y a là qu'une *faute d'impression*, car, *deux fois* dans le courant du Mémoire inséré dans les *Comptes rendus* et le *Journal de Physique*, j'indique que la variation de période due à la variation d'amplitude et de température (de 3° à 26°) *ne porte que sur le quatrième chiffre*. Or, quand le *quatrième* chiffre d'un nombre *peut être altéré*, il est absolument évident qu'on ne peut compter sur une exactitude de $\frac{1}{10000}$.

» Il suffit, au reste, de regarder les nombres contenus dans ce Mémoire pour s'apercevoir de l'erreur *matérielle* commise, car ces nombres indiquent pour une variation de température de 22°,5 une variation de période de $\frac{6}{2790}$ ou $\frac{1}{465}$.

» En admettant qu'on entende par ces mots *températures peu différentes* des températures différant de 10°, ce qui est même exagéré, car on a rarement de ces différences de température dans un laboratoire, et en admettant,

comme l'affirme M. Kayser dans son travail, qu'entre 0° et 30° les variations des nombres de périodes sont proportionnelles à la température, il résulte des nombres ci-dessus, pour 10°, une variation d'un peu moins de $\frac{1}{1000}$.

» Telle est la vraie conclusion des quatre seules expériences que j'ai publiées (la continuation de ce travail, que je vais reprendre, ayant été arrêtée par suite de circonstances indépendantes de ma volonté).

» Or M. Kayser, qui a fait cent douze expériences, en employant d'ailleurs la troisième des méthodes indiquées dans mon Mémoire pour l'étude de la variation due à l'amplitude, a trouvé des variations de $\frac{64}{10000}$ à $\frac{85}{10000}$ dans le nombre de vibrations de diapasons de soixante-douze à quatre-vingt-cinq périodes par seconde et cela pour une variation de 1° de température. C'est environ, en nombres ronds, une variation de $\frac{7}{100}$ pour 10° et pour un diapason d'environ quatre-vingts périodes, c'est-à-dire de $\frac{7}{8000}$ ou un peu moins de $\frac{1}{1000}$.

» Nous sommes donc à peu près d'accord sur ce point, M. Kayser et moi, et il n'y a bien dans mon Mémoire, en fait de fautes, qu'une faute d'impression. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie des courants d'induction.* Note de M. **Mascart.**

« M. Helmholtz a montré qu'en partant des lois d'Ohm et de Joule on aurait pu prévoir les phénomènes d'induction produits par le déplacement d'un système magnétique dans le voisinage d'un courant. Il m'a semblé qu'une généralisation naturelle des résultats obtenus dans ce cas particulier permet d'établir la théorie des courants d'induction électrodynamiques de manière à les rattacher simplement à un principe commun.

» D'après la théorie d'Ampère, on sait que le travail nécessaire pour déplacer une masse magnétique m dans le voisinage d'un courant est égal au produit de cette masse par l'intensité I du courant et par l'accroissement de l'angle sous lequel on voit le circuit des deux points qu'occupe successivement la masse magnétique. L'énergie de la masse m par rapport au courant peut donc être représentée par $\mathrm{I}m\omega$.

» Il est utile de traduire cette propriété sous une autre forme, en employant la notion des lignes de force de Faraday.

» Si l'on considère la force exercée par un système magnétique sur l'unité de masse placée en un point, et qu'on mène par ce point un élément de surface quelconque, on peut appeler *flux de force* (ou nombre de lignes

de force) qui traverse cet élément le produit de sa surface par la composante normale de la force. On voit aisément que le flux de force d'une masse m dans un cône d'ouverture angulaire ω est égal à $m\omega$.

» L'énergie d'une masse magnétique par rapport à un courant est donc égale au produit de l'intensité du courant par le flux de force émanant de cette masse et qui traverse le circuit. Désignons ce flux de force par φ, et convenons de le considérer comme positif quand les forces entrent dans le circuit par la surface négative du courant, c'est-à-dire par le côté négatif du feuillet magnétique équivalent. L'énergie de la masse m a pour expression

$$\mathrm{I}m\omega = -\mathrm{I}\varphi.$$

» De même, l'énergie par rapport à un courant d'un système magnétique quelconque est égale à la somme des énergies de chacune des masses, c'est-à-dire au produit de l'intensité du courant par le flux total de force du système qui traverse le circuit. Cette énergie diminue lorsque le système est abandonné à l'action du courant; pour un petit déplacement, le travail des forces électromagnétiques est égal à $+\mathrm{I}\,d\varphi$.

» Si ce déplacement s'est effectué pendant le temps dt et qu'on opère avec une pile à liquides, l'énergie empruntée aux actions chimiques doit échauffer le circuit et fournir le travail électrodynamique $\mathrm{I}\,d\varphi$ qui correspond à l'accroissement $d\varphi$ du flux de force, ce qui donne, en appelant E la force électromotrice et R la résistance totale,

$$(1) \qquad \mathrm{EI}\,dt = \mathrm{I}^2\mathrm{R}\,dt + \mathrm{I}\,d\varphi.$$

On en déduit

$$(2) \qquad \mathrm{IR} = \mathrm{E} - \frac{d\varphi}{dt}.$$

L'intensité du courant est la même que s'il existait dans le circuit une force électromotrice nouvelle (induction) ayant pour valeur

$$(3) \qquad e = -\frac{d\varphi}{dt}.$$

» La force électromotrice d'induction est donc égale et de signe contraire à la dérivée par rapport au temps du flux de force qui émane du système magnétique et traverse le circuit. Cette expression, déduite ici du principe de la conservation de l'énergie, est équivalente à celle qui a été obtenue par Neumann en partant de la loi de Lenz.

» Nous admettrons, comme règle générale, que la force électromotrice d'induction dans un circuit s'exprime toujours par l'équation (3) en fonction du flux de force qui le traverse, quelles que soient les causes qui font varier les forces, telles que le déplacement ou la modification d'un système magnétique, le changement de forme d'intensité ou de position d'un courant extérieur, la déformation du circuit lui-même ou la variation du courant qui le traverse déjà.

» Une telle généralisation peut être justifiée dans tous les cas particuliers lorsqu'on admet que l'effet produit par un changement dans les aimants et les courants équivaut à celui qu'on obtiendrait en amenant de l'infini un aimant ou un courant égal à la variation donnée. La seule considération des flux de force paraîtra surtout légitime si l'on conçoit que les actions électriques et magnétiques ne s'exercent pas réellement à distance, mais qu'elles sont dues à une modification du milieu intermédiaire, caractérisée en chaque point par la direction et la grandeur de la force.

» Considérons d'abord l'effet d'un courant sur lui-même. Le flux de force qui traverse le circuit, supposé invariable, est proportionnel à l'intensité du courant et peut être représenté par UI, le facteur U désignant le flux de force qui correspond à l'unité de courant. Si le courant varie de dI, la variation du flux de force est UdI, et l'énergie empruntée à la pile

$$IUdI = d\left(\frac{UI^2}{2}\right).$$

» Tant que le courant n'est pas devenu constant, une partie de l'énergie de la pile est donc employée à augmenter le terme $\frac{UI^2}{2}$, qu'on a appelé l'*énergie potentielle du courant*. Supposons qu'il y ait dans le voisinage un second courant d'intensité I' dans un circuit de forme constante. Le flux de force du second courant qui traverse le circuit du premier est proportionnel à l'intensité; on peut le représenter par VI'. Le facteur V désigne le flux de force qui émane de l'un quelconque des deux circuits et traverse l'autre, lorsque les deux courants ont une même intensité égale à l'unité. Le produit II'V s'appelle *énergie potentielle relative des deux courants*.

» Lorsque le produit I'V, par suite d'un changement d'intensité ou d'un déplacement, varie de $d(I'V)$, l'énergie empruntée à la pile du premier courant est $Id(I'V)$. Si les deux modifications sont simultanées et se produisent pendant le temps dt, on a donc pour le premier circuit

$$EI\,dt = I^2R\,dt + d\left(\frac{UI^2}{2}\right) + I\,d(I'V), \tag{4}$$

et, de même, pour le second,

$$(5) \qquad E'I'dt = I'^2R'dt + d\left(\frac{U'I'^2}{2}\right) + I'd(IV).$$

» On obtient, par addition,

$$(6) \qquad (EI + E'I')dt = (I^2R + I'^2R')dt + d\left(\frac{UI^2}{2} + \frac{U'I'^2}{2} + II'V\right) + II'dV.$$

» Cette équation exprime que l'énergie fournie par les deux piles pendant le temps dt est employée à échauffer les conducteurs, à accroître l'énergie potentielle de chacun des courants ainsi que leur énergie potentielle relative, et enfin à fournir le travail électrodynamique qui correspond au déplacement relatif. Si les circuits se déforment, la variation du flux de force émanant de l'un des courants dans la direction de l'autre est comprise dans les termes $d(I'V)$ et $d(IV)$, et, pour évaluer l'action d'un circuit sur lui-même, il suffit de considérer le facteur U comme variable. On retrouve ainsi les équations connues des courants d'induction électrodynamiques.

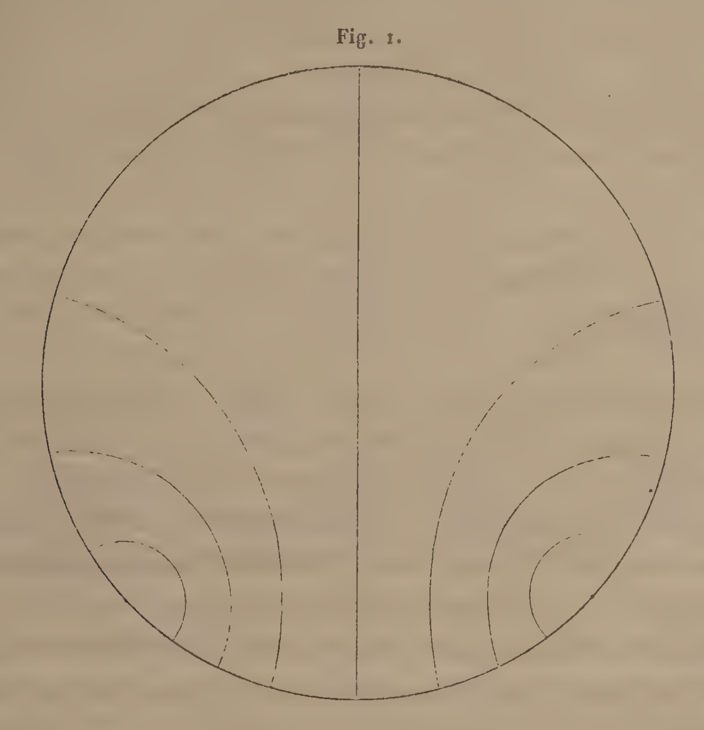
» Le même mode de raisonnement permet de tenir compte des changements survenus dans les aimants extérieurs, et de l'aimantation produite par les courants sur des masses de fer doux. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode expérimentale propre à déterminer les lignes de niveau dans l'écoulement stationnaire de l'électricité à travers les surfaces conductrices.* Note de M. **Adrien Guébhard**, présentée par M. Desains.

« Lorsqu'on place à une petite distance d'une lame mince de métal, dans une dissolution mélangée d'acétate de plomb et d'acétate de cuivre, les extrémités libres de deux conducteurs en communication avec les pôles d'une pile en activité, l'on donne naissance à un double système d'anneaux de Nobili, dont les formes très diverses sont d'une constance et d'une régularité remarquables, en rapport avec les situations respectives des électrodes et du contour de la surface conductrice. Si l'on choisit la forme de celle-ci et la situation de celles-là de manière à réaliser sur des portions finies de surfaces planes les divers cas d'écoulement stationnaire dont l'intégrale a pu être calculée, on constate que le système des bandes colorées correspond toujours exactement au système théorique des lignes équipotentielles, telles qu'elles ont été déterminées dans un nombre trop restreint de cas particuliers.

» Kirchhoff, comme première application des formules qu'il avait établies en 1845 [1], a ramené au cas du plan infini celui d'un cercle comprenant les électrodes sur ses bords. Les lignes équipotentielles sont les cercles $\frac{r_1}{r_2} = C$ (*fig.* 1). Smaassen, en 1846 [2], a montré que si, dans un plan infini, l'électricité entre par deux points et sort à l'infini, on a des lemniscates homofocales $r_1 r_2 = C$. Quincke, en 1856 [3], a résolu par approximation numérique le cas d'un carré infini où l'électricité entre par un

Fig. 1.

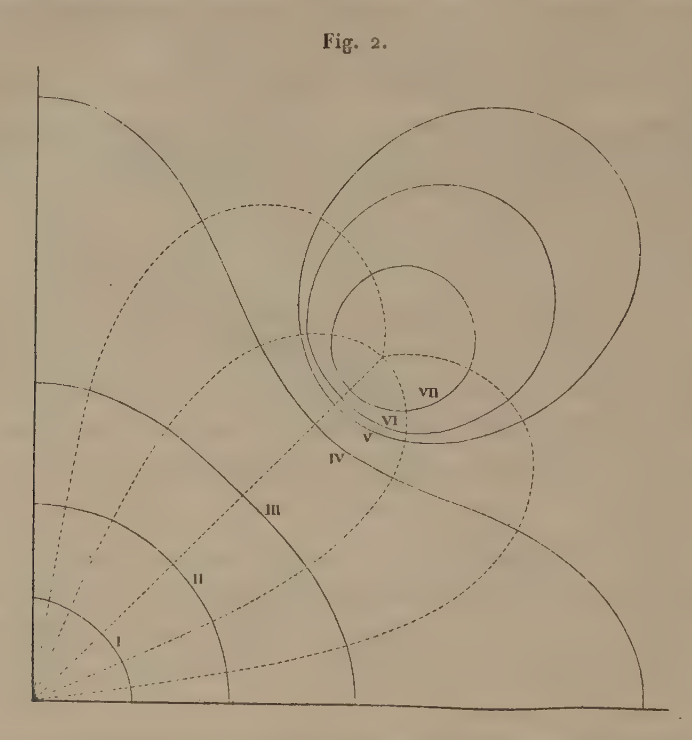


sommet et sort par un point de la diagonale (*fig.* 2). Plus récemment enfin, Auerbach [4] a appliqué la méthode des points symétriques au demi-plan infini (*fig.* 3) et à une bande indéfinie (*fig.* 4) pour certaines situations des électrodes. J'ai fait reproduire sur les originaux toutes les figures données par les auteurs, pour faire ressortir la parfaite coïncidence de leurs courbes avec celles que j'ai obtenues par le procédé de Becquerel sur les feuilles minces de cuivre rouge que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. J'ai réalisé aussi avec un égal succès tous les autres cas que j'ai trouvés cités, y compris

(1) *Poggendorff's Annalen der Physik*, t. LXIV, p. 497.
(2) *Ibid.*, t. LIX, p. 104.
(3) *Ibid.*, t. XCVII, p. 182.
(4) *Wiedemann's Annalen der Physik*, 1878, t. III, p. 498.

celui des surfaces cylindriques de Boltzmann [1] et ceux qu'Auerbach en déduit relativement à une bande indéfinie où il y aurait deux électrodes de même nom sur les bords, en face l'une de l'autre, et une de nom contraire

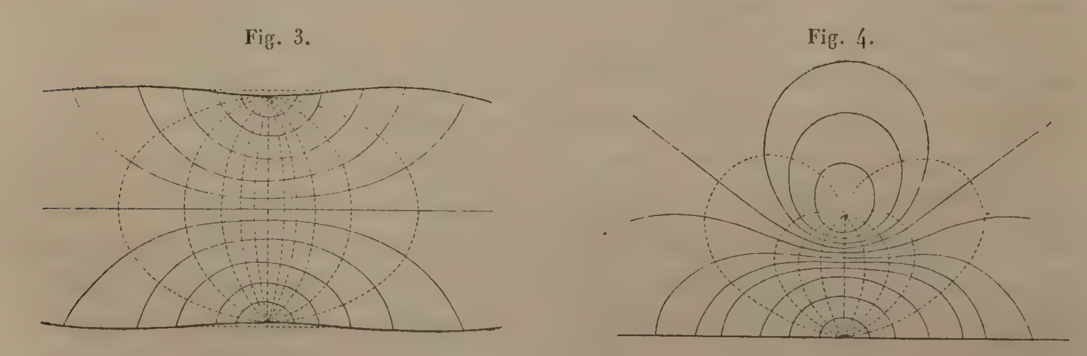
Fig. 2.



au milieu, ou bien deux d'une espèce et deux de l'autre sur les bords opposés, ou enfin une seule de chaque espèce sur la ligne de milieu.

» Sans m'autoriser de ces concordances, d'ailleurs cherchées et prévues, pour affirmer la généralité absolue et la rigueur d'application d'un procédé

Fig. 3. Fig. 4.



expérimental qui aurait l'avantage de fournir, avec plus de facilité encore que les diagrammes si commodes de M. Bouty, des solutions, pour ainsi

(1) *Sitzungsberichte der k. k. Akademie d. Wissenschaften in Wien*, t. III, p. 214; 1865.

dire graphiques, d'une intégrale définie qui échappe le plus souvent au calcul, j'ose espérer que cette étude, entreprise d'abord pour trouver une preuve expérimentale de la loi de Grotthuss, me fournira prochainement des résultats beaucoup plus généraux relativement à divers points de l'électrodynamique, et, dès à présent, je puis annoncer que j'ai été amené, par un procédé analogue, à trouver des résultats tout à fait semblables pour la chaleur, vérifiant une fois de plus, à la dualité près, l'identité des formules. »

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure absolue du phénomène de Peltier au contact d'un métal et de sa dissolution.* Note de M. E. **Bouty**, présentée par M. Jamin.

« I. Dans une Note antérieure ([1]), j'ai rapproché du phénomène de Peltier l'élévation ou l'abaissement de température que l'on observe sur des électrodes de cuivre employées dans la décomposition du sulfate de cuivre.

» Pour analyser de plus près ce phénomène, j'étudie d'abord la loi des petites variations d'un thermomètre que l'on échauffe au sein d'un liquide en repos. Ce thermomètre, sensible au $\frac{1}{200}$ de degré, a son réservoir entouré d'une spirale de fil de maillechort, de résistance connue, convenablement protégée contre l'action du liquide, et dans laquelle on fait passer un courant d'intensité déterminée. L'échauffement du thermomètre, en deux minutes par exemple, s'est montré rigoureusement proportionnel au carré de l'intensité du courant, c'est-à-dire à la quantité de chaleur versée à sa surface. Cet échauffement, toujours inférieur à 1° dans mes expériences, n'était pas modifié quand on entourait le réservoir d'une feuille de clinquant ou d'étain. On peut donc admettre que, quand le réservoir de ce thermomètre aura été métallisé et qu'il servira d'électrode au sein du liquide, les mêmes variations de sa température correspondront au dégagement des quantités de chaleur mesurées par l'expérience précédente.

» II. Deux thermomètres, aussi identiques que possible et étudiés comme il vient d'être dit, sont recouverts de cuivre et plongent, à $0^m,1$ de distance l'un de l'autre, dans un grand vase rempli d'une dissolution de sulfate de cuivre pur et placé lui-même dans un bain d'eau froide d'une trentaine de litres. Dans ces conditions, la température du liquide ne

---

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 146, 1879

varie pas de $\frac{1}{100}$ de degré en cinq minutes, et les variations observées lors du passage du courant sont sensiblement indépendantes des conditions extérieures.

» Quand on fait passer pendant deux minutes dans l'appareil à décomposition un courant dont l'intensité absolue est i, la quantité de chaleur versée à l'électrode négative peut être représentée par

$$n = -ai + bi^2 \qquad (1)$$

et à l'électrode positive par

$$p = +ai + bi^2. \qquad (2)$$

Le premier terme dans ces deux expressions correspond au phénomène de Peltier, le second à la chaleur versée dans les couches liquides qui touchent le thermomètre, en vertu de leur résistance.

» L'expérience a établi que les variations de température des deux thermomètres sont très exactement représentées par les formules (1) et (2), à la condition que les mesures soient faites à des intervalles assez éloignés et que les surfaces métalliques soient maintenues parfaitement nettes. Quand on substitue au sulfate de cuivre étendu du sulfate de cuivre concentré, la conductibilité électrique augmente et le coefficient b diminue; mais le coefficient a demeure invariable. Il est encore le même quand on substitue l'azotate de cuivre au sulfate.

» III. W. Thomson et après lui Budde ont démontré, par l'application des principes de la Théorie mécanique de la chaleur aux courants thermo-électriques, qu'il y a une relation étroite entre le phénomène de Peltier et la force électromotrice thermo-électrique correspondante. Soient Π la quantité de chaleur versée en une seconde par suite du phénomène de Peltier et pour un courant d'intensité 1, J l'équivalent mécanique de la chaleur, $\frac{dE}{dT}dT$ la variation de la force thermo-électrique pour une élévation de température dT de l'une des soudures; on a

$$\Pi = \frac{T}{J}\frac{dE}{dT}. \qquad (3)$$

Cette formule suppose que toutes les grandeurs sont évaluées en unités absolues (C. G. S). Or j'ai montré dans une Communication précédente [1]

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 19 avril 1880.

que la valeur de $\frac{dE}{dT}$ pour le cuivre est constante et égale à $0^{da},000696$, c'est-à-dire, en volts, $0^{vo},000696.1,12$ ou $0,000696.1,12.10^8$ unités absolues de force électromotrice. On a aussi, en unités absolues, $J = 4,2.10^7$. Il en résulte pour Π, à 12° C.,

$$\Pi = \frac{285}{4,2.10^7}.0,000696.1,12.10^8 = 0,528.$$

» D'autre part, j'ai reconnu que pour élever de 0°,471 en deux minutes le thermomètre que j'employais, placé au sein du sulfate de cuivre, il fallait 4,77 unités absolues de chaleur; j'ai déterminé le coefficient a des formules (1) et (2) relatives aux échauffements produits en deux minutes, et il s'est trouvé égal à 5,83; il faut multiplier ce nombre par $\frac{4,77}{0,471}$ pour passer des échauffements aux quantités de chaleur versées en deux minutes et enfin par $\frac{1}{120}$ pour avoir la chaleur versée en une seconde par le phénomène Peltier et pour un courant d'intensité 1. On a ainsi

$$\Pi = 5,83 \cdot \frac{4,77}{0,471} \cdot \frac{1}{120} = 0,493.$$

Le résultat de ce calcul ne diffère du précédent que de $\frac{1}{20}$ de sa valeur : c'est tout ce que l'on peut espérer, en raison de la multiplicité des données expérimentales qu'ils mettent en œuvre.

» Les sels de zinc et de cadmium ont donné des résultats aussi satisfaisants. Je signalerai en particulier les observations qui se rapportent au chlorure de zinc. Par une exception remarquable, la force électromotrice thermo-électrique présentée par le zinc dans ce liquide demeure constante pour des solutions dont la densité est inférieure à 1,6 et diminue ensuite rapidement jusqu'à zéro pour la solution la plus concentrée possible. Il en est de même de l'effet Peltier.

Densité de la dissolution de chlorure de zinc.	Rapport de la force électromotrice à sa valeur maximum.	Rapport de l'effet Peltier à sa valeur maximum.
1,255	1	1
1,70	0,724	0,700
1,90	0,247	0,288
2,044	0,053	0,063

» Les autres métaux se prêtent mal à des vérifications de ce genre, parce que les actions secondaires qui se produisent interviennent à la fois

pour modifier l'état des surfaces et pour produire des dégagements de chaleur parasites qu'il est impossible de calculer exactement ([1]). »

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure de la différence de potentiel de deux métaux en contact.* Note de M. H. PELLAT, présentée par M. Jamin.

« La méthode que l'auteur a employée pour mesurer la différence de potentiel que présentent deux métaux dissemblables en contact est toute nouvelle et permet d'atteindre une précision plus grande que celles employées jusqu'ici dans ce but ([2]). C'est une méthode de compensation dont voici le principe : *Si deux métaux* A *et* B *sont reliés par un fil métallique, ils prennent la même différence de potentiel* (a) *que s'ils étaient mis directement en contact* ([3]). Coupons le fil en un point et introduisons entre les deux extrémités, précédemment réunies, une différence de potentiel (e) variable à volonté par degrés continus et constamment connue : la différence de potentiel des deux métaux deviendra ($a + e$). Faisons varier (e) jusqu'à ce que $a + e = 0$: on aura alors $a = -e$.

» Pour obtenir une différence de potentiel variable et connue, on fait passer un courant constant dans le fil d'un rhéostat de Pouillet ; entre le zéro et le curseur existe une différence de potentiel proportionnelle à la distance de celui-ci au zéro, donnée, par conséquent, par la lecture de la position du curseur sur la règle graduée : on s'arrange pour qu'à 1000 divisions corresponde la différence de potentiel existant entre les deux pôles de l'étalon de force électromotrice (élément Latimer-Clark, 1vo,457). Le zéro du rhéostat communique avec l'un des deux métaux, le curseur avec l'autre.

» Pour constater l'égalité de potentiel entre les deux métaux, ceux-ci constituent les deux plateaux d'un condensateur à lame d'air (ou d'un gaz quelconque) : tant que les deux plateaux ne seront pas au même potentiel, ils se chargeront d'électricités contraires, et, si après avoir isolé l'un d'eux on les écarte, un électroscope sensible (électromètre de M. Hankel) com-

---

([1]) Ce travail a été exécuté au laboratoire des recherches physiques, à la Sorbonne.

([2]) Par MM. Kohlrausch, Hankel, Gerland, W. Thomson, Ayrton et Perry, Exner.

([3]) Proposition évidente si le fil conjonctif est de même nature que l'un des deux métaux et qui subsiste encore rigoureusement quand même le fil est de nature différente, en vertu de la deuxième loi de Volta, fondée sur l'impossibilité d'obtenir un courant dans une chaîne entièrement métallique à la même température.

muniquant avec le plateau isolé accusera la charge. Si les deux plateaux ont été amenés au même potentiel, la feuille d'or de l'électroscope restera immobile lors de l'écartement. On voit que l'exactitude de la mesure est indépendante 1° de la sensibilité de l'appareil électroscopique, 2° de la force condensante du condensateur, par conséquent indépendante de la distance (très faible, quelques dixièmes de millimètre) des plateaux et de la constante diélectrique du gaz interposé. Les méthodes employées jusqu'ici avaient l'inconvénient de supposer constantes ces diverses quantités.

» La précision de la méthode peut dépasser $\frac{1}{500}$ de daniell. Les recherches de l'auteur ont porté :

» 1° Sur les changements qu'éprouve la différence de potentiel, étudiée suivant l'état physique des surfaces métalliques (écrouissage, poli, etc.). Ces variations sont parfois considérables ; ainsi, entre le cuivre et le zinc polis au tripoli et lavés à l'alcool absolu, la différence de potentiel est $0^{vo},75$; les mêmes métaux écrouis par le polissage au papier émeri très fin et lavés à l'alcool absolu donnent $0^{vo},90$.

» 2° Sur l'influence d'un changement de température. Les métaux étudiés jusqu'ici deviennent plus positifs quand la température s'élève, plus négatifs quand elle s'abaisse. Ce fait n'avait pas encore été constaté [1].

» Le potentiel du cuivre s'abaisse de $0^{vo},03$ environ par une diminution de 20° dans la température (températures 15° à 35°) ; le fer se comporte à peu près de même ; l'acier varie moins, le zinc plus. Ce phénomène paraît dépendre, non de la température directement, mais du changement d'état moléculaire qu'elle fait éprouver au métal, changement qui est toujours en retard sur la variation de température.

» 3° Sur l'influence des gaz qui entourent les plateaux. Celle-ci peut s'exercer de deux façons différentes. En réalité, dans *toutes les mesures électroscopiques*, l'expérience détermine la différence de potentiel des deux *armatures* du condensateur constitué par les deux plateaux (réunis métalliquement) ; or, les véritables armatures sont les faces opposées de la lame gazeuse isolante. Il est facile de voir que la quantité mesurée est vraisemblablement la somme algébrique des trois différences de potentiel qui se produisent au passage du gaz au premier métal, de celui-ci au second et de ce dernier au gaz, et non celle que présentent les deux métaux seulement. En outre,

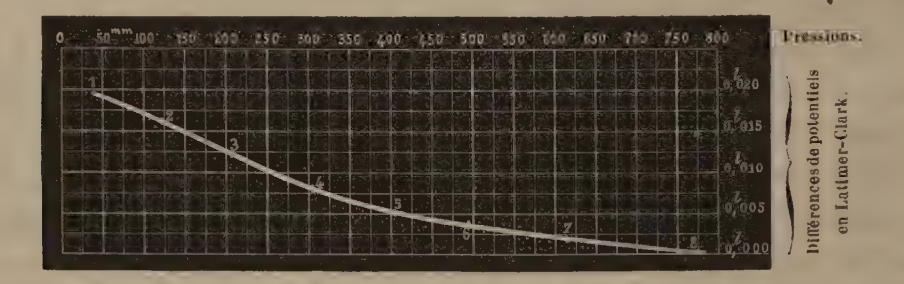
---

[1] L'effet Thomson n'a pas de relation directe avec ce phénomène, pas plus que l'effet Peltier n'en a avec la différence de potentiel au contact [voir *De l'effet Peltier dans la mesure des forces électromotrices de contact* (*Journ. de Physique*, t. IX, p. 122)].

la condensation possible des gaz par les surfaces métalliques peut modifier un phénomène qui dépend essentiellement de la nature des surfaces.

» En fait, l'expérience prouve que la nature et la pression du gaz séparant les métaux ont une influence très nette sur le phénomène. Entre le cuivre et le zinc, quand la pression du gaz *diminue*, la différence de potentiel observée *augmente*. Le phénomène est très marqué avec l'oxygène, l'azote et l'air secs; il est presque nul avec l'hydrogène. Ces différents gaz sous faibles pressions (20^{mm} à 30^{mm} de mercure) donnent à peu près la même différence de potentiel. Du reste, ces variations sont très faibles par rapport à la valeur totale, ce qui porte à croire que l'effet des gaz séparant les métaux n'introduit qu'une erreur très petite dans la mesure de la différence de potentiel présentée par les métaux mêmes. Cet effet des gaz n'avait pas encore été observé.

» Voici la courbe qui représente la variation de la différence de potentiel entre le cuivre et le zinc séparés par de l'oxygène sous pression va-



riable. Cette courbe a été obtenue par huit points qui ne s'écartent pas de plus de $\frac{1}{3000}$ de daniell du tracé moyen [1].

	volt
Valeur moyenne de la différence de potentiel entre cuivre et zinc.....	0,76
Variation extrême.....................................	0,0285

OPTIQUE. — *Sur la théorie de la double réfraction circulaire.* Note de M. **Gouy**, présentée par M. Desains.

« Dans ses travaux sur la polarisation rotatoire, Fresnel a souvent pris pour guide une hypothèse bien connue sur la constitution optique des milieux actifs, sans toutefois, à ce qu'il semble, y voir autre chose qu'une interprétation analytique des faits d'expérience. Ce point de vue le con-

(1) Ces expériences ont été faites au laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne.

duisit à la découverte de la double réfraction circulaire. Depuis lors, on a souvent regardé ce phénomène comme donnant une preuve expérimentale de la réalité de l'hypothèse qui l'a fait découvrir. Je me propose d'en donner ici une théorie indépendante de toute hypothèse; il en résultera que cette opinion est mal fondée.

» Il nous suffira d'examiner le cas simple où un seul prisme de quartz, dont l'axe optique est normal à la face d'entrée des rayons, est placé dans un milieu indéfini, isotrope et inactif. Nous prendrons trois axes rectangulaires, la face d'entrée pour plan des xy et l'arête réfringente pour axe des y. L'onde incidente est plane et parallèle à la face d'entrée; les vibrations y sont rectilignes et parallèles à l'axe des x; la vitesse vibratoire sur la face d'entrée est $a \sin 2\pi \frac{t}{T}$, t étant le temps et T la durée d'une vibration.

» En un point quelconque A pris en dehors du prisme sur la face de sortie, la vibration réelle sera encore rectiligne, comme le montre l'expérience. La phase sera proportionnelle à la distance z du point A à la face d'entrée, où les mouvements sont concordants; elle sera donc $2\pi \frac{z}{\lambda}$, en appelant λ un coefficient caractéristique du quartz, qui se trouve défini par cette expression, et que nous envisagerons à ce seul point de vue ([1]). Pour simplifier les formules, nous choisirons notre milieu indéfini de telle sorte que la longueur d'onde y soit précisément λ. La direction de la vitesse au point A fait, avec la direction qu'elle aurait si, la phase demeurant la même, le pouvoir rotatoire ρ devenait nul, un angle égal à ρz. En définitive, les projections de cette vitesse sur les axes des x et des y sont respectivement

$$a \cos \rho z \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda}\right),$$
$$a \sin \rho z \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda}\right).$$

» Soient une direction donnée faisant avec l'axe des z un petit angle α, et sur elle un point B à une grande distance R du point A. La vitesse au point B, calculée d'après les principes de la diffraction, aura respectivement pour projections sur les axes des x et des y, m étant un facteur constant qu'il est

---

([1]) Ce coefficient, dans l'hypothèse de Fresnel, est très sensiblement la moyenne des longueurs d'onde des deux rayons circulaires.

inutile de calculer,

$$V = m\int_0^Y\int_0^X \cos\rho z \sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{z+R}{\lambda}\right)dx\,dy.$$

$$V' = m\int_0^Y\int_0^X \sin\rho z \sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{z+R}{\lambda}\right)dx\,dy.$$

Si la hauteur Y du faisceau incident est assez grande, ces intégrales n'ont de valeur sensible que lorsque la direction donnée est normale à l'arête réfringente, ce que nous supposerons réalisé. Il vient alors, tous calculs faits, en appelant l la distance de B à l'origine et ω l'angle réfringent,

$$V = \frac{mY}{2}\left\{\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right)\left[\frac{\sin\left(\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}+\frac{\sin\left(\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}\right]\right.$$
$$\left.-\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right)\left[\frac{1-\cos\left(\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}-\frac{1-\cos\left(\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}\right]\right\},$$

$$V' = \frac{mY}{2}\left\{\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right)\left[\frac{\sin\left(\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}-\frac{\sin\left(\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}\right]\right.$$
$$\left.+\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right)\left[\frac{1-\cos\left(\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega+\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}+\frac{1-\cos\left(\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}\right)X}{\rho\tang\omega-\frac{2\pi\alpha}{\lambda}}\right]\right\}.$$

Nous ne discuterons ces formules que dans le cas où le faisceau est suffisamment large, c'est-à-dire où l'on a X très grand par rapport à $\frac{1}{\rho\tang\omega}$.

Il vient alors, pour $\alpha = \frac{\lambda\rho\tang\omega}{2\pi}$,

$$V = \frac{m}{2}XY\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right),$$

$$V' = \frac{m}{2}XY\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{\lambda}\right).$$

Ce sont les équations d'une vibration circulaire. On aura de même, pour $\alpha = -\frac{\lambda\rho\tang\omega}{2\pi}$, une vibration circulaire d'égale amplitude, mais de rotation inverse. En dehors de ces deux directions, la vitesse est négligeable.

» Ainsi notre faisceau incident s'est divisé en deux faisceaux polarisés circulairement et en sens contraires ([1]). On s'assurera, en continuant le calcul, qu'on retrouve ainsi tous les autres caractères du phénomène; on verra, par exemple, qu'un faisceau incident polarisé circulairement donne un seul faisceau émergent de même rotation. Il y a donc accord complet entre ces résultats et ceux auxquels conduit l'hypothèse de Fresnel. Je montrerai ultérieurement que cet accord existe dans tous les cas, et qu'on pouvait le prévoir *a priori*.

» En résumé, le phénomène découvert par Fresnel n'est qu'une conséquence nécessaire de la polarisation rotatoire. Ce dédoublement remarquable, qui, dans les idées de Fresnel, est une double réfraction, devient, si on l'envisage au point de vue des faits eux-mêmes, un phénomène de diffraction d'un genre particulier. »

PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la compressibilité des gaz sous de fortes pressions*. Note de M. E.-H. AMAGAT.

« J'ai étudié l'azote, l'hydrogène, le formène, l'éthylène et l'acide carbonique depuis la température ambiante jusqu'à 100° et, comme limites de pression, entre 35^{atm} et 420^{atm}. Quoique les limites de température soient peu écartées, les variations subies par la compressibilité, surtout pour les deux derniers gaz, ont été tellement considérables, que j'ai pu saisir facilement l'ensemble du phénomène.

» Les pressions ont été mesurées par des manomètres à azote, au moyen des nombres que j'ai donnés pour la compressibilité de ce gaz; je dois faire remarquer que les petites erreurs qui peuvent provenir de ce procédé, le seul du reste qui puisse être employé aujourd'hui dans des recherches demandant quelque précision, ne sauraient en rien masquer les lois générales, car, dans toutes les séries d'expériences faites sur chaque gaz à diverses températures, les volumes déterminés correspondent à des indications sensiblement identiques des manomètres; les résultats obtenus sont donc parfaitement comparables entre eux.

» Ces résultats ont été représentés par des courbes; les pressions étant

([1]) Si notre milieu inactif était limité par un plan parallèle à la face d'entrée, l'angle des deux faisceaux dans l'air serait $\frac{\lambda_0 \rho \tang \omega}{\pi}$, λ_0 étant la longueur d'onde dans l'air. C'est la moitié de l'effet produit par un *biprisme* de même angle.

comptées sur l'axe des abscisses, les ordonnées représentent les valeurs correspondantes du produit pv.

» Toutes ces courbes, sauf celles de l'hydrogène, ont montré un minimum du produit pv, très accentué surtout chez les gaz voisins des circonstances de leur liquéfaction, comme l'éthylène et l'acide carbonique pris un peu au-dessus du point critique.

» La température augmentant, la convexité des courbes va s'effaçant graduellement, et en même temps l'abscisse correspondant à l'ordonnée minima se déplace nettement et régulièrement en s'éloignant de l'origine des coordonnées pour l'éthylène et l'acide carbonique ; pour ces deux gaz, la trajectoire des points de contact des tangentes horizontales à chaque courbe se dessine nettement; dans les courbes de l'azote et du formène au contraire, ce point paraît rétrograder légèrement vers l'origine : je pense qu'il finirait par en être de même pour l'acide carbonique et l'éthylène si l'on élevait suffisamment la température.

» Les courbes, peu au delà de l'ordonnée minima, deviennent sensiblement droites et parallèles ou asymptotiques pour toutes les températures ; cette direction commune paraît caractéristique pour chaque gaz.

» Les courbes de l'hydrogène sont sensiblement droites et parallèles dans toute leur étendue. Ce que deviennent ces courbes sous de faibles pressions sera l'objet d'une étude spéciale.

» Pour les gaz facilement liquéfiables, les valeurs du rapport $\frac{pv}{p'v'}$ subissent au voisinage du minimum des variations extrêmement brusques, tellement que, pour une assez faible augmentation de température, la valeur de l'écart change de signe d'une façon très nette ; si l'on considère une région du réseau des courbes pour laquelle le rapport $\frac{pv}{p'v'}$ soit plus grand que l'unité, puis une région pour laquelle il soit plus petit, les trois lois suivantes apparaissent très nettement :

» 1° Quand un gaz est plus compressible que ne l'indique la loi de Mariotte, sa compressibilité croît quand la température augmente.

» 2° Quand un gaz est moins compressible que ne l'indique la loi, sa compressibilité augmente avec la température.

» 3° Cet accroissement, assez rapide au voisinage de l'ordonnée minima, où le gaz suit *accidentellement* la loi de Mariotte, se ralentit bientôt, de telle sorte que sous des pressions constantes l'effet de la température devient de moins en moins considérable.

» Le Tableau suivant, relatif à l'acide carbonique, montre clairement ces faits :

Températures.	Valeurs de $\frac{pv}{p'v'}$ entre $39^{atm},40$ et $92^{atm},10$.	entre $157^{atm},80$ et $328^{atm},90$.	entre $328^{atm},90$ et $418^{atm},40$.
34°,9......	3,126	0,549	0,804
39,8......	2,336	0,562	0,815
49,9......	1,637	0,602	0,821
70,1......	1,312	0,701	0,840
100,1......	1,198	0,929	0,870

» L'hydrogène, dès la pression normale, se trouve dans le cas de la seconde loi : sa compressibilité augmente avec le température. C'est le résultat auquel j'étais arrivé il y a huit ans [1] en étudiant ce gaz entre 1^{atm} et 2^{atm} jusqu'à 320°.

» Les autres gaz, au contraire, aux faibles pressions, se trouvent dans le premier cas : leur compressibilité décroît avec la température. C'est également le résultat auquel j'étais arrivé. Ayant suivi cette diminution jusqu'à 320° pour l'air et 250° pour l'acide sulfureux et l'acide carbonique sans trouver de changement de signe dans l'écart, j'ai pensé que ce changement ne se manifesterait point à des températures supérieures ; mais les résultats auxquels j'arrive aujourd'hui prouvent que, si ma conclusion relativement à l'hydrogène se trouve pleinement vérifiée, il peut se faire que pour les autres gaz elle ne soit exacte qu'entre les limites expérimentales entre lesquelles j'avais opéré alors. Toutefois, si l'air, par exemple, entre 1^{atm} et 2^{atm}, devient, à une température suffisamment élevée, moins compressible que ne l'indique la loi de Mariotte, sa compressibilité ne continuerait pas à décroître, la température augmentant toujours ; au contraire, le rapport $\frac{pv}{p'v'}$, après avoir pris une valeur très peu inférieure à l'unité, commencerait à croître, la température continuant toujours à s'élever, et le gaz se rapprocherait de nouveau et indéfiniment de la loi de Mariotte, qui serait encore la loi limite. J'espère que ce point sera éclairci par les expériences que je poursuis actuellement. »

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXIX.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur la passivité du fer* (deuxième Partie). Note de M. L. VARENNE.

« La Note que je présente aujourd'hui à l'Académie est le résumé de nouvelles recherches ayant pour but de confirmer les résultats des premières expériences sur ce sujet et de déterminer les causes de la formation de cette gaîne gazeuse et les influences qui en maintiennent ensuite l'adhérence.

» I. *La détermination de la passivité est toujours précédée d'une action chimique de durée variable.*

» Lorsque l'immersion du métal a lieu dans de l'acide azotique répondant à la formule AzO^5,HO, il n'y a pas d'action nettement observable; mais cela ne tient qu'à son peu de durée. En immergeant, en effet, dans de l'acide azotique marquant 42° B. un morceau de fer ordinaire, on constate un dégagement tumultueux de gaz bioxyde d'azote; la surface du métal est obscurcie par les bulles de gaz; mais, au bout d'un intervalle de temps variant entre trois et vingt secondes, elle devient tout à coup brillante et le dégagement s'arrête. Ce phénomène ne saurait être mieux comparé qu'à celui de l'*éclair* qui se présente dans la coupellation de l'argent. La passivité est alors déterminée, car, si l'on porte, avec des précautions dont j'indiquerai plus loin la raison, le métal qui a subi cette action préalable dans de l'acide azotique notablement étendu, il n'y a plus aucune attaque. La même expérience peut être répétée avec de l'acide azotique marquant moins de 42° B.; mais j'ai observé que l'on ne peut aller audessous d'une concentration caractérisée par 35° B.

» Lorsque l'on atteint cette limite, on peut constater que les phénomènes se modifient de la façon suivante : le dégagement de gaz se produit pendant quelque temps; il est bientôt suivi de la cessation brusque de toute action chimique, cette cessation étant caractérisée, comme précédemment, par l'éclairement subit de la surface métallique; mais ce dernier état n'est point stable; l'attaque recommence bientôt sur un point du métal, se propage sur toute sa surface, puis s'arrête de nouveau avec le même caractère, et ainsi de suite. On a en quelque sorte ici une passivité intermittente. L'explication de cette particularité ne peut être nettement établie qu'à la suite des expériences suivantes.

» II. *La passivité peut être déterminée sur une tige de fer par l'immersion d'une fraction seulement de cette tige dans l'acide azotique concentré.*

» Une tige de fer de plusieurs centimètres de long est plongée partiellement ($0^m,01$, par exemple) soit dans l'acide monohydraté, soit dans un acide moins concentré, mais marquant plus de 35° B. On la transporte ensuite avec précaution et sans l'agiter dans de l'acide étendu, contenu dans une éprouvette à pied, en ayant soin d'immerger entièrement tout d'abord la partie qui avait été plongée dans l'acide concentré; on enfonce ensuite très lentement et d'une façon progressive la tige dans le liquide : il n'y a pas alors d'action chimique apparente. Il s'en produit une cependant sur les parties du métal, au fur et à mesure de leur immersion, car on peut constater, par une observation attentive, le dégagement de petites bulles gazeuses qui se fixent sur le métal, et ce dégagement n'a lieu que pendant un laps de temps presque inappréciable. La tige est passive, et cette propriété a pu lui être communiquée par l'immersion d'une fraction très petite de sa longueur totale dans un acide concentré. C'est ainsi qu'une tige de fer de $0^m,22$, qui avait été immergée seulement de $0^m,01$ dans l'acide concentré, a pu être plongée complètement dans de l'acide étendu, sans entrer en dissolution dans celui-ci, qui agissait au contraire énergiquement sur elle avant que l'une de ses extrémités ait été mise en contact avec l'acide concentré. Cet état de passivité n'a qu'une stabilité très faible; il suffit, en général, d'imprimer à la tige un léger mouvement pour que l'attaque commence avec énergie. Cependant, il y a des degrés divers dans cette stabilité; elle est d'autant moins grande : 1° que l'acide dans lequel on pratique la seconde immersion est plus étendu; 2° que la surface du métal est plus rugueuse; 3° que le diamètre de la tige est plus grand.

» Il m'a semblé que ces phénomènes pouvaient être interprétés de la manière suivante.

» Le métal étant immergé dans de l'acide azotique concentré, il y a d'abord action chimique (I).

» D'autre part, il n'est pas admissible qu'il se forme à la surface du métal une couche d'un azotate ou d'un oxyde insoluble. J'ai déjà fait ressortir dans une précédente Note combien cette hypothèse était peu plausible *a priori*; mais elle est détruite d'une facon absolue par les expériences que j'ai citées en dernier lieu (II).

» Si l'on admet, au contraire, comme j'avais été conduit à le faire par les premières recherches que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie, que la couche protectrice est une couche de gaz, ces phénomènes peuvent être facilement expliqués. L'action chimique développe des bulles gazeuses; celles-ci se dissolvent d'abord plus ou moins facilement dans l'eau d'addi-

tion que contient l'acide qui détermine la passivité; mais, cette solubilité étant restreinte, les bulles qui se produisent ensuite viennent adhérer au métal en constituant une gaîne, dont la cohésion, résultant d'actions capillaires d'un ordre particulier, peut être détruite par suite du mouvement imprimé au métal dans l'intérieur du liquide. Si l'acide est dans un état de concentration peu inférieur à la concentration limite, le phénomène, au lieu d'être continu, subira des intermittences en raison de la lenteur de dissolution des bulles de gaz par l'eau d'addition : on verra donc s'établir et disparaître successivement la passivité. Enfin, dans les expériences (II), la gaîne gazeuse se dispose d'abord sur la partie immergée dans l'acide concentré; mais, une fois formée sur le métal, elle y adhère, d'après ce qui précède, par suite d'actions capillaires et exerce ensuite une attraction sur les bulles gazeuses qui prennent primitivement naissance dans l'acide étendu lorsqu'on y transporte la tige métallique. L'enveloppe se constitue ainsi de proche en proche, et la passivité, déterminée d'abord sur une longueur de $0^{m},01$, par exemple, peut ainsi, par influences successives, se propager sur la tige entière; dans ce cas, comme dans le précédent, les actions mécaniques même très faibles suffiront pour la détruire.

» III. Il paraissait intéressant d'étudier comment varie l'adhérence de cette gaîne gazeuse avec les circonstances dans lesquelles est placé le métal. Le fer rendu passif perd cette propriété dans le vide, ainsi que je l'ai déjà annoncé dans la première partie de ce travail. Je me suis proposé encore d'examiner quelle durée peut avoir cette passivité lorsque le métal est immergé dans un acide azotique étendu.

» *α. Fer rendu passif et placé à l'abri de l'agitation dans l'acide étendu à différents degrés de dilution.*

Dilution.	Cessation de la passivité au bout de	Dilution.	Cessation de la passivité au bout de
34° B	11^{j}	28° B	26^{h}
32 B	5^{j}	25 B	24^{h}
30 B	32^{h}	20 B	12^{h}

» *β. Fer rendu passif et placé sous la cloche à vide dans de l'acide étendu à divers degrés de dilution.* — La partie rendue passive étant exactement immergée dans l'acide étendu, la durée de la passivité est toujours fonction de la dilution de l'acide, mais de plus elle est beaucoup moins grande, pour une même dilution, que dans le cas précédent. Dans ce cas, en effet, il y a à ajouter à l'action du liquide celle de la raréfaction gazeuse.

» IV. Je puis annoncer dès aujourd'hui, d'après des expériences positives, que l'on peut déterminer synthétiquement la passivité par immersion prolongée du fer dans le bioxyde d'azote sous une pression considérable. Des difficultés d'exécution que soulève la construction d'appareils appropriés m'empêchent de communiquer actuellement à l'Académie les déterminations comparatives que j'espère pouvoir lui soumettre bientôt ([1]). »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la teneur en fer des eaux minérales de Rouen et de Forges-les-Eaux* ([2]). Note de M. A. **Houzeau**.

« Les propriétés thérapeutiques bien connues du fer donnent toujours un intérêt au dosage exact de ce principe dans les eaux minérales qui le contiennent; c'est pourquoi je pense qu'il y a utilité à faire connaître le résultat de mes analyses sur ce sujet spécial, en ce qui concerne les eaux de Rouen et de Forges-les-Eaux.

» L'examen de ces eaux a été d'abord précédé d'une étude destinée à rechercher la méthode la plus exacte pour doser le fer, méthode contrôlée d'ailleurs par une vérification synthétique dans laquelle une proportion déterminée de fer a été sûrement retrouvée à un dixième de milligramme près.

» Le procédé que j'ai suivi consiste à additionner d'acide sulfurique pur un volume connu d'eau immédiatement après sa prise à la source; à évaporer à siccité jusqu'à dégagement total de l'acide mis en excès, puis à reprendre le résidu salin, et souvent charbonneux, par de l'acide chlorhydrique pur et à doser, à l'aide d'une solution titrée de caméléon, le fer ramené au minimum d'oxydation par le zinc pur, en se conformant sur ce point aux précieuses indications fournies par M. Boussingault dans son important travail sur l'acier.

» Voici les résultats obtenus rapportés à 1^{lit}.

SOURCE DE ROUEN.

Source du Jardin Martainville, découverte en 1872 par le Dr Le Plé.

	Matières fixes à 110°.	Fer.
	gr	mgr
Prise du 12 décembre 1872	0,294	20,0
Prise du 31 mai 1876	0,200	24,0

([1]) Les recherches qui font l'objet de cette Note ont été exécutées au laboratoire de M. Fremy, à l'École Polytechnique.

([2]) Ce travail a été fait dans le laboratoire des Hautes Études de Rouen.

Ancienne source dite Royale *de la Maréquerie (aujourd'hui renfermée dans un établissement industriel, rue d'Amiens).*

	Matières fixes à 110°.	Fer.
	gr	mgr
Prise du 6 mars 1876	0,245	15,6
Prise du 31 mai 1876	0,250	13,6
Prise du 28 mai 1879 (analyse de M. Rivage, préparateur)	»	11,6

Source de Marin le Pigny, dans le voisinage de l'ancienne source dite du Pavillon.

	Matières fixes à 110°.	Fer.
	gr	mgr
Prise du 31 mai 1876	0,250	7,7

SOURCE DE DEVILLE-LÈS-ROUEN.

Source située dans la cave de la maison Blondel (rue de l'Industrie); dans cette cave se trouve également, à quelques pas de distance, une source non ferrugineuse.

	Matières fixes à 110°.	Fer.
	gr	mgr
Prise du 25 août 1875	0,530	4,8
Prise du 25 février 1876	»	4,8
Prise du 6 juillet 1876	»	7,8

SOURCES DE FORGES-LES-EAUX (¹).

	Matières fixes à 110°.	Fer.
	gr	mgr
La Reinette : prise du 20 juin 1876	0,120	3,2
La Royale : » »	0,100	7,3
La Cardinale : » »	0,390	43,8

» Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler la teneur en fer par litre qui avait été assignée à ces eaux à différentes époques :

	Analyse de M. Robert, 1812.		Analyse de M. Henry, 1845.	
	Matières fixes.	Fer.	Matières fixes.	Fer.
	gr	mgr	gr	mgr
La Reinette	0,099	3,3	0,230	10,5
La Royale	0,205	13,4	0,225	40,2
La Cardinale	0,245	23,2	0,245	58,8

» Ajoutons qu'en 1842 MM. Girardin et Morin, ayant analysé une eau de Forges de la source dite *Nouvelle*, ont trouvé, pour 1^{lit} d'eau : matières fixes, $0^{gr},158$; fer, 28^{mgr}. »

(¹) L'eau a été prise dans l'établissement, à l'endroit même où les malades la boivent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomères de la phloroglucine.* Note de M. **Arm. Gautier**, présentée par M. Wurtz.

« Diverses considérations m'ont conduit à penser que les glucosides végétaux sont aptes à subir dans la plante des déshydratations portant sur leur radical glucosique, d'où résultent de nombreux dérivés, parmi lesquels il y a lieu de distinguer la série remarquable des corps qui, par l'action des acides forts ou la fusion avec les alcalis, fournissent de la phloroglucine. Les quercétines, les catéchines, beaucoup de tannins et de matières colorantes végétales, la maclurine, le morin, l'acide filicique, la lutéoline, la scoparine, etc., sont dans ce cas. On pouvait donc se demander : d'abord, si les glucoses sont bien aptes à fournir directement de la phloroglucine par simple déshydratation; ensuite, si aux divers glucoses pouvant entrer dans la constitution des glucosides végétaux correspondraient dans leurs dérivés naturels diverses phloroglucines. Quoiqu'il n'y ait lieu de prévoir, d'après la théorie des isomères aromatiques, que trois corps en $C^6H^6O^3$, même en faisant ici abstraction des polymères et du pyrogallol, je pense, d'après les considérations précédentes et les observations que je vais rapporter, que le nombre de ces corps de saveur douce, véritables glucoses aromatiques par leurs caractères généraux, de composition identique et de propriétés très analogues à celles de la phloroglucine, augmentera beaucoup à mesure qu'on fera une étude attentive de ces dérivés.

» (*a*). *Sucre aromatique de la matière colorante* $C^{21}H^{20}O^{10}$ *du vin de Carignane.* — Lorsqu'on fond avec les alcalis la matière colorante du vin rouge de Carignane, que j'ai décrite ici (t. LXXXVI, p. 1507), on obtient, avec d'autres produits de dédoublement sur lesquels je reviendrai plus tard, une matière sucrée que l'on extrait par l'éther du produit brut de la réaction neutralisé. Cette substance correspond exactement, après dessiccation à 110°, à la formule $C^6H^6O^3$ de la phloroglucine. Elle cristallise comme elle, avec 2 molécules d'eau qu'elle perd à 100° (eau perdue 22,6, au lieu de 22,22 théorie).

» C'est une matière de saveur très douce, assez soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther. Les cristaux déposés au sein de l'eau sont le plus souvent en lamelles rhomboïdales, appartenant au prisme rectangulaire droit ou oblique. Dans l'éther, il se forme des cristaux bien nets,

en général dénués de facettes modificatrices et qui m'ont paru être des prismes rhomboïdaux droits.

» Cette substance réduit lentement à l'ébullition le réactif cupro-potassique. Elle n'est précipitée que par le sous-acétate de plomb. En solution alcaline, elle s'oxyde rapidement à l'air, mais sans rougir. L'eau de brome produit dans ses solutions étendues un abondant précipité blanc; en un mot, elle jouit de toutes les propriétés de la phloroglucine, dont elle a la composition et qui cristallise comme elle avec 2 molécules d'eau.

» Elle en diffère toutefois en deux points : 1° à l'état sec, elle fond à 208°,5 (corrigé) au lieu de 220°; 2° elle ne prend par le chlorure ferrique qu'une très légère teinte violette fugace, tandis que la phloroglucine de la phloridzine se colore en rouge violacé foncé.

» (*b*). *Sucre aromatique dérivé de la quercétine.* — La quercétine du quercitron fondue avec la potasse donne, comme on le sait, un corps en $C^6H^6O^3$, que Hlassiwetz pensait être la phloroglucine de la phloridzine. J'ai préparé cette substance, et après purification par l'acétate de plomb, le noir, et quatre cristallisations dans l'eau, je l'ai examinée avec soin.

» Elle cristallise dans l'eau et dans l'éther en prismes rhomboïdaux droits ou obliques, à arêtes bien nettes, ou en croûtes armées de pointements aigus. Elle est peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et l'éther. Son goût est à peine sucré. Les cristaux hydratés ont pour formule $3C^6H^6O^3, 2H^2O$. (Eau perdue à 110° : 8,9 pour 100, théorie 8,7); séchée, elle fond à 174° (corrigé). Elle a d'ailleurs toutes les propriétés générales de la phloroglucine. Elle en diffère toutefois bien nettement par les caractères suivants :

» 1° Son goût à peine sucré;

» 2° Son point de fusion qui est 174° au lieu de 220°;

» 3° Son eau de cristallisation qui répond à $3C^6H^6O^3, 2H^2O$, au lieu de $C^6H^6O^3, 2H^2O$.

» 4° L'absence de réaction colorée en présence des sels ferriques.

» (*c*). *Sucre aromatique obtenu par l'oxydation du phénol.* — On sait qu'il y a peu de temps MM. L. Barth et J. Schrœder ont obtenu de la phloroglucine en fondant le phénol avec la soude. J'ai préparé ce produit; il correspond bien à la formule $C^6H^6O^3$, et cristallise avec 2 molécules d'eau.

» Ces cristaux hydratés sont de gros prismes à formes diffuses, taillés souvent en pierres à aiguiser, et qui appartiennent au prisme rhomboïdal droit. Dans l'éther on obtient des prismes terminés par deux pointements, groupés souvent entre eux soit en étoiles à six branches formées chacune

d'une sorte de feuille lancéolée à nervure médiane, soit en branches de fougère. Cette substance, d'un goût très doux, a toutes les propriétés de la phloroglucine ordinaire. Elle en diffère toutefois par les deux caractères suivants :

» 1° A l'état sec, elle fond à 200°,5 au lieu de 220°. Déjà à 184° ces cristaux s'altèrent et brunissent légèrement sans fondre.

» 2° Elle se colore difficilement, par le chlorure ferrique étendu, d'une légère teinte violet franc.

» La différence des points de fusion des sucres aromatiques dérivés de la matière colorante $C^{21}H^{20}O^{10}$, de l'oxydation du phénol, et de la phloridzine, et la non-identité de leurs formes cristallines me portent à penser que ces corps sont isomères, mais sans rien affirmer encore à l'égard des deux derniers. Il n'en reste pas moins établi que ces trois substances : *phloroglucine* de la phloridzine, *œnoglucine* de la matière colorante du vin, *querciglucine* de la quercétine, ne sauraient être confondues.

» J'ajoute que Rochleder a dérivé du tannin du griotier une phloroglucine, cristallisant avec 2 molécules d'eau, mais différant de la plupart des substances précédentes en ce qu'elle ne se colore pas par le chlorure ferrique. Cette substance, qu'il a appelée *isophloroglucine*, et sur laquelle il ne donne presque aucun autre renseignement, était restée inaperçue, et n'a été citée ni dans le Dictionnaire de Watts, ni dans celui de Wurtz.

» On ne saurait méconnaître l'étroite parenté de ces divers composés. Ils sont tous neutres, cristallins, solubles dans les mêmes dissolvants, précipitables seulement par le sous-acétate de plomb dont un excès les redissout. Tous se conduisent comme des aldéhydes ou des phénols et s'oxydent aisément à l'air en liqueur alcaline. Tous ont une saveur douce, et réduisent à chaud le réactif cupro-potassique. Ce sont, en un mot, les vrais *glucoses aromatiques*. J'ajoute qu'en chauffant le glucose ordinaire avec la baryte, je suis parvenu à obtenir une matière sucrée présentant tous les caractères des substances précédentes. On ne saurait donc méconnaître ni l'origine de ces glucines dans le règne végétal, ni leur analogie avec les glucoses dont ils sont les véritables anhydrides et qu'ils représentent dans la série aromatique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits contenus dans les cokes de pétrole.* Note de MM. **L. Prunier** et **E. Varenne**, présentée par M. Berthelot.

« L'un de nous a fait connaître l'année dernière [1] l'existence d'un groupe nouveau de carbures extraits des pétroles de Pensylvanie dans la période ultime du traitement américain.

» Ces résultats faisaient pressentir que le coke formant le résidu, actuellement abandonné, de l'opération devait contenir des carbures plus élevés encore. C'est ce que nous avons entrepris de vérifier, en soumettant à la même méthode expérimentale les produits mis obligeamment à notre disposition par M. Deutsch, dont le nom est bien connu dans l'industrie des pétroles.

» La matière que nous avons mise en traitement est fortement boursouflée, d'un noir luisant, à reflets bruns légèrement irisés. Elle est très cassante. Sa densité est voisine de 2,0. Elle laisse à l'incinération un très faible résidu, où domine la chaux.

» Traitée par les dissolvants, dans des conditions que nous indiquerons dans notre Mémoire, elle a fourni :

» 1° Un résidu insoluble de charbon proprement dit, qui retient énergiquement une certaine quantité du dissolvant; l'analyse a donné pour ce charbon des chiffres qui vont de 97,4 à 98,0 pour 100 de carbone.

» 2° Une masse provenant de l'évaporation du sulfure et renfermant de 93 à 95 pour 100 de carbone.

» C'est ce produit qui, épuisé aussi complètement que possible par l'alcool, l'éther et l'acide acétique cristallisable, employés à l'ébullition, a fourni une substance débarrassée de produits oxydés et demeurée soluble dans le sulfure et le chloroforme. La moyenne de plusieurs combustions concordantes nous a donné 97,7 de carbone et 2,5 pour 100 d'hydrogène.

» L'expression $(C^{14}H^{2})^{n}$ exige 97,67. Cette limite avait à peine été atteinte dans le précédent Mémoire, qui ne contient que des analyses offrant un maximum de 97,6 en carbone.

» 3° Dans une autre série d'expériences, nous avons cherché à fractionner d'abord par distillation la masse soluble dans le sulfure de carbone.

---

(1) L. Prunier, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XVII; 1879. Voir aussi *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 386.

» Nous sommes partis d'un corps contenant 95,5 de carbone, 2,5 d'hydrogène et 2 d'oxygène environ. Nous opérions au bain métallique, au moyen du thermomètre de M. Berthelot, à la pression ordinaire ou dans le vide relatif que peut donner une bonne trompe d'Alvergniat.

» Cette distillation est difficile à effectuer commodément dans les appareils ordinaires. Nous sommes arrivés, par un tour de main et au moyen d'un appareil que nous décrirons ailleurs, à fractionner à volonté le produit depuis 250°, température à laquelle commence la distillation, jusque vers 500° et même 550°.

» La majeure partie des composés recueillis au-dessous de 400° sont solubles dans l'alcool, dans l'éther ou dans l'acide acétique. Ces produits sont tous fortement fluorescents et contiennent de l'oxygène.

» Pour une opération poussée jusqu'à 450°, le résidu formait les trois quarts de la masse primitive; il était totalement soluble dans le chloroforme et le sulfure de carbone.

» Après l'avoir débarrassé des dernières traces de composés oxydés, nous l'avons analysé à plusieurs reprises, et nous avons obtenu des chiffres compris entre 97,7 et 98,11 pour 100 de carbone, et le reste en hydrogène; en moyenne, 97,9. Ces nombres établissent l'existence, dans les cokes de pétrole, de carbures d'hydrogène complètement solubles, dont la formule brute serait $(C^{16}H^2)^n$, qui exige 97,95, ou même $(C^{18}H^2)^n$, qui répond à 98,18 pour 100.

» 4° En résumé, nos expériences nous conduisent à admettre la présence, dans les cokes de pétrole, d'un ensemble complexe provenant d'un équilibre pyrogéné dont les produits volatils principaux ont été étudiés dans le précédent travail. La partie la moins volatile (le coke) contient des corps, plus élevés encore comme condensation moléculaire, qui représentent la partie complémentaire du dédoublement en question.

» Toutefois, en confirmant et étendant les résultats antérieurs, il est bon d'ajouter que les carbures s'accompagnent ici d'une proportion notable de composés oxygénés sur lesquels nous nous proposons de revenir prochainement, en même temps que sur les produits jaunes d'incrustation des serpentins, dont l'origine et la composition sont analogues, sinon identiques. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une explosion singulière produite pendant un chauffage de vin, et sur une nouvelle méthode de dosage d'alcool.* Note de M. V. WARTHA, présentée par M. Pasteur.

« Dans les caves d'une de nos plus renommées maisons de commerce de vins (de Budapesth), on faisait subir dernièrement à une quantité d'environ 6^{hlit} d'un très précieux vin de liqueur de Tokai, de 15^{vol} pour 100 d'alcool, le procédé de M. Pasteur. L'appareil employé avait été construit par M. Terrel des Chênes, et chauffé par un feu de gril ordinaire. Les gaz de combustion étaient conduits dans une cheminée. Ladite opération fut faite dans un parterre chauffé à environ 20° C. et au grand jour ; la porte de cet endroit, conduisant dans une cour, était ouverte. Au moment où presque toute la quantité du vin avait déjà passé par l'appareil et qu'il n'y manquait qu'un hectolitre environ, une explosion terrible eut lieu, par laquelle non seulement le fond du tonneau, d'une épaisseur de $0^m,05$, fut poussé en dehors, mais aussi les douves en furent séparément brisées en long et volèrent en éclats. L'ouvrier chargé de l'exécution de cette opération fut lancé au mur et reçut des blessures assez graves, tandis que le contenu du tonneau se perdit naturellement tout entier. Il est donc probable que cette explosion inattendue fut causée par l'inflammation d'un mélange d'alcool et d'air ordinaire, contenu dans l'espace vide du tonneau, et aussi d'un courant d'air et de vapeurs sortant du tonneau qui s'alluma au foyer placé à $1^m,50$ de distance, et transmit ainsi l'inflammation jusqu'à l'intérieur du tonneau.

» Autant que je sache, il n'existe jusqu'à présent pas d'observations exactes sur l'inflammation de l'air saturé de vapeurs d'alcool à des températures différentes, et pour cette raison je me suis livré à une série d'expériences préliminaires afin de faire connaître la température minima à laquelle l'inflammation desdits mélanges peut encore avoir lieu. Cette question étant d'une grande importance pratique, je prends la liberté de présenter à l'Académie quelques résultats de mes expériences. Pour leur exécution j'ai adopté la méthode de M. Victor Meyer (DENGLER, *Polytechn. Journal*, 1879, p. 52), laquelle, effectuée avec précision, donne des résultats très conformes.

» Il en résulte que la limite de température des vapeurs dégagées d'un liquide contenant les proportions suivantes d'alcool est celle-ci :

Alcool pour 100.	Limite de température.
8	55°
9	53
10	51
11	50
12	48
15	43

» L'explosion dont j'ai parlé n'est donc pas difficile à expliquer. Je me suis assuré qu'avec l'appareil porté à une température d'échauffement d'environ 62-63° C. le vin découlant parvient au tonneau avec une température de 40° C. Il arriva donc très aisément (et dans ce cas il fut sûr) que la température du vin à échauffer fut portée jusqu'à 70° C. C'est alors que le danger dut commencer, et il est probable que la limite de 43° C. fut non seulement atteinte, mais encore surpassée. Il est donc de rigueur, surtout quand l'opération est faite dans une localité à éclairage de lampes avec des vins de grande richesse d'alcool, de refroidir le vin écoulant de l'appareil à l'aide d'une petite glacière et de lui rendre sa température originaire, ce qui, d'ailleurs, est toujours fort à désirer.

» Étant actuellement occupé de vérifier la limite d'explosion des mélanges d'alcool et d'air à l'aide d'un appareil précis et au moyen de l'étincelle électrique, j'espère en obtenir non seulement des nombres plus exacts encore, mais aussi, si la méthode est assez simple, d'en *déduire une nouvelle manière de doser l'alcool.* »

MINÉRALOGIE. — *Reproduction synthétique des silicates alumineux et des silico-aluminates alcalins de la nature.* Note de M. STAN. MEUNIER, présentée par M. Daubrée.

« En exposant récemment un procédé opératoire grâce auquel on peut réaliser, à la pression ordinaire et dans une atmosphère de vapeur d'eau, la synthèse de l'enstatite ([1]), j'annonçais, entre autres modifications possibles de l'expérience décrite, la substitution de l'aluminium au magnésium métallique. C'est conformément à ce programme que j'ai depuis lors

([1]) *Comptes rendus*, même Volume, p. 349.

soumis à une étude spéciale l'action simultanée, à la température rouge, de la vapeur d'eau et de la vapeur de chlorure de silicium sur l'aluminium en fils assez fins.

» Le résultat varie avec certaines conditions de l'expérience, telles que la température, et surtout avec la vitesse et l'abondance relative des deux courants gazeux. Si la vapeur de chlorure de silicium est prédominante, le produit principal consiste en silicium métallique, qui se présente tantôt en petites lamelles cristallines enchevêtrées entre elles, tantôt en fines aiguilles simples ou groupées pouvant atteindre une longueur relativement considérable. Si c'est la vapeur d'eau qui est en excès, ce qui se dépose surtout, c'est un mélange d'alumine et de silice terreuses, où il est parfois très difficile de trouver le moindre vestige d'une substance cristallisée. Au contraire, lorsque les deux courants gazeux sont réglés de façon qu'ils puissent se mélanger dans toute la longueur du tube au contact de l'aluminium, alors le microscope retrouve dans la poudre grisâtre qui s'est déposée des myriades d'aiguilles cristallisées, transparentes, enchevêtrées les unes dans les autres et actives sur la lumière polarisée. Leur action dépolarisante est cependant très faible; mais il paraît légitime d'attribuer cette circonstance aux dimensions très exiguës des cristaux.

» Il est presque impossible de séparer ces aiguilles de l'excès de matière étrangère (silicium, silice, alumine) avec lequel elles sont mélangées. Mais on rencontre des points où elles se sont produites à peu près seules, et il devient dès lors aisé d'en déterminer la composition chimique. J'y ai trouvé sur $0^{gr},970$:

Silice	40,91
Alumine	58,02
	98,93

» C'est, comme on voit, la composition de l'andalousite et du disthène naturels. Il faudra une étude cristallographique spéciale pour reconnaître à laquelle de ces deux espèces j'ai eu affaire; mais la dimension des cristaux obtenus apporte jusqu'ici des obtacles à cette détermination.

» Ce qui précède montre que la reproduction des silicates alumineux par la nouvelle méthode est beaucoup plus difficile et beaucoup plus incertaine que celle des silicates magnésiens; mais, contre toute attente, l'expérience devient au contraire très facile si, par une complication considérable, on fait intervenir la potasse caustique au contact de l'aluminium. Dans ce cas, il se produit, avec une abondance extrême, des cristaux bru-

nâtres, en trapézoèdres réguliers, parfaitement nets et donnant à l'analyse :

Silice	55,83
Alumine	23,54
Potasse (par différence)	20,63
	100,00

» Tous ces caractères sont ceux de l'amphigène naturelle. Cependant nos cristaux se distinguent par une inactivité absolue sur la lumière polarisée : le fait, qui pourrait tenir à la petitesse des échantillons, dont le diamètre varie de $0^{mm},003$ à $0^{mm},012$, mérite évidemment d'être expliqué.

» En tout cas, à une température peu différente, j'ai, dans une autre expérience, obtenu, outre les trapézoèdres, des prismes maclés, offrant les contours des cristaux d'orthose. Jusqu'ici cette substance ne s'est pas présentée en quantité suffisante pour que son analyse ait été possible. La substitution à la potasse de la soude ou du chlorure de calcium m'a conduit à des résultats qui semblent, à première vue, analogues avec les précédents.

» Comme on le voit par ces quelques mots, la méthode dont j'ai exposé précédemment le principe, et qui avait déjà fourni des silicates et des aluminates magnésiens, donne aussi des silicates alumineux et des silico-aluminates alcalins semblables à ceux de la nature : elle est donc générale, et l'on peut prévoir dès maintenant qu'elle pourra conduire à la reproduction artificielle d'un très grand nombre d'autres espèces minérales.

» Suivant moi, cette méthode se recommande surtout par sa similitude avec le procédé mis en œuvre par la nature lors de la formation des cristaux que nous avons imités; elle ne fait intervenir que des éléments dont le rôle minéralisateur aux anciennes époques a été universellement reconnu, et elle se tient strictement dans les conditions précisées, comme conséquences de leurs études, par les observateurs qui ont cherché à se rendre compte de l'origine des roches.

» Il me suffira, à cet égard, de rappeler d'un mot la grande conception de Davy, adoptée par Gay-Lussac, et à laquelle l'étude des météorites a ramené M. Daubrée. Elle consiste à croire que, suivant l'heureuse expression d'Élie de Beaumont, les roches primitives sont résultées de la *coupellation naturelle* d'un noyau métallique, sur lequel sont venus s'attaquer les agents d'oxydation et de minéralisation. Seulement, au lieu de supposer, avec Davy, que la combustion s'est produite exclusivement à la périphérie du noyau, nous sommes amenés à reconnaître qu'elle se déclare

successivement dans toute la masse à mesure que les progrès du refroidissement centripète arrachent de nouvelles couches au domaine de la dissociation.

» Dans le cours du travail dont j'ai soumis successivement à l'Académie les différentes parties, j'ai constamment pris pour guide cette pensée de M. Daubrée : « Dans la synthèse des minéraux, ce qui importe, ce n'est » pas seulement de reproduire telle ou telle espèce minérale, mais d'arriver » à ce résultat par des méthodes qui paraissent conformes à celles que la » nature a mises en œuvre ([1]). »

ZOOLOGIE. — *Sur l'origine et le développement de l'œuf chez la Méduse Eucope avant la fécondation.* Note de M. C. **Merejkowsky**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Les ovaires de la Méduse, disposés à l'intérieur de la cloche, ont l'aspect de quatre petits sacs, dus à une évagination de la cavité gastro-vasculaire. Dans les parois des ovaires, on trouve de dehors en dedans une couche de cellules ectodermiques dont les limites ne sont pas bien définies et l'endoderme composé de plusieurs couches de cellules mieux limitées. La couche la plus intérieure de l'endoderme, celle qui recouvre la surface intérieure de l'ovaire, est composée des mêmes cellules (garnies d'un cil vibratile) que l'endoderme des canaux radiaux.

» Vers la base de l'ovaire, là où il se confond avec la surface inférieure de la cloche, la couche endodermique n'est encore formée que d'une seule couche, comme dans le canal radial; mais, à mesure qu'on avance vers l'intérieur de l'ovaire, on voit les cellules endodermiques se diviser dans une direction verticale à leur longueur et former ainsi deux couches d'endoderme superposées; la division des cellules se continuant dans toutes les directions, on arrive ainsi à un endoderme de plus en plus épais.

» Entre ces deux feuillets d'endoderme et d'ectoderme formant l'ovaire se trouve un troisième feuillet plus mince et privé de structure : c'est la *lamelle intermédiaire*, qui les sépare d'une manière tranchée et aide à définir avec sûreté quelle couche produit les œufs de l'Eucope; ces œufs se trouvant toujours *sous* la lamelle intermédiaire et étant ainsi séparés de l'ectoderme par cette lamelle ne peuvent se développer que de l'endoderme.

([1]) Daubrée, *Études synthétiques de Géologie expérimentale*, p. 8.

Mais une autre raison conduit à admettre l'origine endodermique des œufs de l'Eucope, si l'on observe directement toutes les transitions graduées entre les cellules endodermiques ordinaires et les jeunes œufs. Les changements d'une cellule endodermique destinée à se développer en œuf, que je vais aborder maintenant, consistent en ce que cette cellule augmente en volume et le noyau se transforme en tache germinative.

» Dans les cellules endodermiques recouvrant les canaux radiaux, le protoplasma est complètement transparent et dénué de grains; le noyau apparaît sous la forme d'une tache claire et ronde contenant au centre un nucléolus rond et plus dense. Plus tard nous remarquons que les cellules ainsi que leurs noyaux et nucléolus augmentent et le protoplasma devient de plus en plus granuleux. Le nucléolus, d'abord simple et muni d'une petite vacuole, commence à se diviser. Ainsi que je l'ai décrit au sujet d'une Méduse de la mer Blanche ([1]), au commencement de la division le nucléolus s'allonge, s'étrangle dans son milieu, fait une courbe, ce qui lui donne la forme d'un fer à cheval, et finalement se divise en deux parties, dont chacune possède une vacuole centrale; ensuite chaque moitié, simultanément ou non, se divise encore en deux parties, mais dans une direction perpendiculaire à la première (similairement à la segmentation de l'œuf), et ainsi de suite.

» Quoique ces phénomènes soient constants et normaux chez les Méduses de la mer Blanche, je ne les ai pu constater que par exception chez les Méduses du golfe de Naples. Ordinairement, dans cette dernière, la division du nucléolus a lieu d'une manière entièrement différente et non encore décrite. Lorsque, après s'être allongé, le nucléolus présente un étranglement médian, il ne se divise pas en deux parties, mais s'allonge tout simplement en forme de bande contournée sur elle-même; des strangulations se formant encore en plusieurs endroits, le nucléus, de rond qu'il était, devient une longue bande moniliforme et tordue en plusieurs contours. Chaque division du chapelet est fusiforme ou ronde; elle renferme régulièrement au milieu une très petite vacuole et se trouve réunie aux divisions voisines par une articulation déliée et parfois assez longue. Quelquefois cette bande longue et sinueuse, rappelant les nucléus de quelques Infusoires (*Stentor, Spirostomum*), se fend en deux bandes. Finalement, les grains ou articulations du chapelet se séparent, et, au lieu d'un nucléolus,

---

([1]) C. Merejkowsky, *Studies on Hydroida* (*Annals and Magaz. of natural History*, série 5, t. I, p. 254, *Pl. XIII*, *fig.* 9-14; 1878).

il se forme au centre du noyau tout un groupe de plusieurs dizaines de petites boules rondes, qui s'assemblent en une sphère disposée à quelque distance des parois du noyau. Ensuite ces boules continuent pour quelque temps à se diviser et deviennent ainsi de plus en plus menues, en même temps que leur nombre atteint plusieurs centaines. Durant tout le temps que ces phénomènes se produisent, l'œuf grandit et atteint son diamètre définitif, qui surpasse près de vingt fois celui de la cellule endodermique ayant donné origine à l'œuf.

» L'aspect définitif de l'œuf parfaitement mûr avant la fécondation présente l'aspect d'une sphère de protoplasma granuleux avec un noyau central et parfaitement *uniforme*, n'ayant plus les moindres traces d'un nucléolus, quel qu'il soit. Les quelques centaines de grains en lesquels le noyau s'est divisé se sont dissous dans le protoplasma du noyau.

» *Résumé.* — 1° Les œufs de l'Eucope se développent des cellules endodermiques.

» 2° Le nucléolus prend la forme d'un chapelet contourné sur lui-même; les grains du chapelet deviennent isolés et continuent à se diviser.

» 3° L'œuf mûr avant la fécondation n'a plus les moindres traces d'un nucléolus dans son noyau, qui est entièrement homogène. »

MÉDECINE. — *Sur les analogies qui semblent exister entre le choléra des poules et la maladie du sommeil (nelavan).* Note de M. TALMY, présentée par M. Pasteur [1].

« Les symptômes du choléra des poules, maladie sur laquelle les récentes investigations de M. Pasteur ont porté une lumière complète, ont tellement d'analogie avec ceux de la *maladie du sommeil*, qu'en lisant les récentes Communications du savant académicien (*Comptes rendus*, séance du 9 février 1880) je me suis demandé si cette dernière affection ne devait pas être rattachée à la même cause.

» La maladie du sommeil, affection rare, qui n'a été rencontrée jusqu'ici que sur les Nègres de la côte occidentale d'Afrique, a d'abord été signalée par les médecins anglais (1819), mais n'a été exactement observée et décrite que

---

[1] Voir une description du *nelavan* au Sénégal dans une Lettre du P. Bosch, de la mission de Saint-Joseph à Nyazobil, par Dokar, au Sénégal, dans la *Médecine des ferments* du Dr Déclat (n° 10, 1876). (*Note ajoutée par M. Pasteur*).

beaucoup plus tard (années 1862 et suiv.) par les médecins de la marine française Dangaix, Nicolas, Guérin, et tout récemment par Corre.

» Dans les deux maladies il n'y a, on peut le dire, qu'un seul symptôme, le sommeil, un sommeil invincible se terminant fatalement par la mort. Pour rendre le rapprochement plus frappant, je citerai textuellement.

» M. Pasteur, *Choléra des poules* (*loc. cit.*) :

« L'animal est sans forces, chancelant, les ailes tombantes; une somnolence invincible l'accable; si on l'oblige à ouvrir les yeux, il paraît sortir d'un profond sommeil, et bientôt les paupières se referment; et le plus souvent la mort arrive sans que l'animal ait changé de place, après une muette agonie; c'est à peine si quelquefois il agite les ailes pendant quelques secondes. »

» Ad. Nicolas, *Maladie du sommeil* (*Gaz. hebdom.*, 1861) :

« Le malade tient les paupières à demi fermées, comme s'il ne pouvait plus les relever entièrement; il est pris à divers moments d'un besoin impérieux de dormir.... Plus tard le malade dort continuellement; il faut l'éveiller pour le faire manger, ce qu'il paraît toujours faire avec plaisir si on l'éveille suffisamment. A ce moment les malades dorment dans les positions les plus diverses et les plus pénibles en apparence, mais dont aucune n'exige d'efforts musculaires; toujours le corps repose en entier sur le sol; ils s'éteignent ainsi progressivement, sans douleur, et sans qu'on puisse saisir le passage du sommeil à la mort. »

» Les premières descriptions de la maladie du sommeil, quoique portant cependant le cachet de l'observation la plus exacte, n'ont pas noté l'engorgement ganglionnaire du cou, que je vois signalé pour la première fois par M'Carthy (1873), puis par Gore (1875), et enfin par Corre (1877). D'après le premier, ce phénomène serait constant et très prononcé. M'Carthy est le seul auteur qui ait signalé l'ablation desdits ganglions comme étant pratiquée par les Nègres pour guérir la maladie. Ce fait vient de m'être confirmé par mon collègue le Dr Frison, qui aurait rencontré à Gorée des malades complètement guéris et portant au cou les traces de l'opération qu'ils avaient subie. Gore parle de l'engorgement ganglionnaire comme existant parfois seulement. Enfin notre collègue et ami le Dr Corre en parle d'autant plus longuement, qu'il serait même parti de ce fait pour attribuer à la maladie une origine scrofuleuse. Cependant il reconnaît lui-même que ce symptôme n'est pas constant; de plus, dans l'immense majorité des cas, l'engorgement ne dépassait pas, dit-il, le volume d'une lentille ou d'un haricot.

» La guérison à la suite de l'ablation des ganglions est compatible avec l'existence d'une maladie virulente, car nous savons que beaucoup de celles-ci commencent ordinairement par se localiser dans les ganglions

(expériences de Chauveau, Raynaud, etc.) d'où elles se répandraient dans le reste de l'économie.

» Cependant on peut faire une objection très sérieuse tirée de la durée de la maladie : chez la poule l'affection, même celle dite *atténuée* par M. Pasteur, paraît assez courte (l'éminent investigateur n'en fait pas connaître la durée exacte). La maladie du sommeil aurait chez l'homme une durée beaucoup plus longue : trois à quatre mois au plus (Dangaix), cinq mois à un an (Ad. Nicolas), trois mois à un an (Guérin), quelques mois à un an ou deux (Corre).

» Mais cette comparaison absolue n'est pas exacte. M. Pasteur nous dit lui-même que l'inoculation chez le cochon d'Inde est difficile; elle peut l'être encore davantage chez l'homme, partant la maladie évoluer beaucoup plus lentement; de plus, dans les expériences de M. Pasteur, il n'est question que d'inoculation, du moins chez les Mammifères. Il y aurait lieu de voir si l'alimentation à l'aide de poulets malades ne pourrait pas donner une autre forme à la maladie. Mais, dira-t-on, la forme atténuée du choléra des poules est toujours bénigne, d'après M. Pasteur, tandis que la maladie du sommeil, qui serait alors une forme lente et atténuée, est toujours mortelle : lente, oui; mais rien n'autorise à regarder la maladie du sommeil comme une forme atténuée. Qui nous dit qu'une alimentation composée de poulets infectés, ayant subi une cuisson plus ou moins complète, continuée pendant plusieurs jours, plusieurs semaines peut-être, ne créera pas chez des Mammifères une forme très lente, quoique mortelle? C'est là un point à expérimenter.

» Le Dr Corre, observateur aussi consciencieux qu'habile, énumère en outre dans son travail un certain nombre de faits qui, convenablement interprétés, me semblent appuyer la thèse que je soutiens. Je vais les citer brièvement :

» Page 296 (*Arch. de Méd. nav.*, 1877), il dit que :

« Il n'est pas rare de voir dans les villages Sérères les animaux de basse-cour périr dans les convulsions : or le nélavane (nom de la maladie du sommeil au Sénégal) s'observe surtout dans cette partie de la Sénégambie. »

» Plus loin, page 333 :

« Des esprits forts, dit-il, et il y en a partout, m'ont raconté que le nélavane atteignait les individus qui mangeaient les poulets à gros cou ou les poissons ayant les ouïes gonflées, habitées sans doute par un anilocre. »

» La place me manque pour faire voir, d'après Corre et quelques autres,

la nature contagieuse de la maladie à peine soupçonnée ou mise en lumière jusqu'à présent.

« La maladie du sommeil n'existe que chez les Nègres ou chez les Mulâtres vivant de la vie des Noirs. » (Chassaniol.)

» En résumé :

» I. La maladie du sommeil qui règne chez les Noirs de la côte occidentale d'Afrique pourrait bien être une affection virulente ([1]).

» II. La maladie du sommeil offre de frappantes analogies avec la maladie étudiée par Moritz, Perroncito et Toussaint, complètement élucidée par M. Pasteur, et qui porte le nom de *choléra des poules*.

» III. A l'avenir, les médecins qui se trouveront en présence de cas de maladie du sommeil soit à bord, soit à la côte d'Afrique ou dans nos colonies à Nègres, ne devront pas négliger de s'enquérir de l'état de santé des poulets qui pourraient être consommés ou bien exister dans le voisinage. Cette étude devra être dirigée au point de vue de la recherche soit du choléra des poules, soit de la diphtérie des volailles, soit de toute autre affection des gallinacés.

» IV. Au Sénégal, il sera également utile d'étudier les affections dont les chevaux et les ânes peuvent être atteints, là surtout où règne la maladie du sommeil dite *nélavane*. La même attention devra se porter sur les poissons de ce pays dont les ouïes offriraient quelque particularité du genre de celle signalée par le Dr Corre.

» V. Il sera intéressant d'étudier l'affection papulo-vésiculeuse du nélavane au Sénégal et de tenter son inoculation sur des poules ou tous autres animaux. »

M. **Daubrée** appelle l'attention sur la Carte géologique du canton de Genève, en quatre feuilles, au $\frac{1}{25000}$, et sur le texte explicatif, en deux Volumes, qui l'accompagne. Après une étude de l'histoire de la Terre, qui forme une introduction de l'Ouvrage, M. Alph. Favre donne une description précise des terrains dont se compose le sol du canton. La mollasse, l'alluvion ancienne, le terrain glaciaire, le terrain post-glaciaire et le terrain moderne y sont successivement passés en revue. Puis vient une description détaillée des diverses parties du canton, avec une série de coupes.

([1]) Voir à ce sujet la Note du P. Bosch qui parle de la transmission de la maladie par la salive, etc. (*Note ajoutée par M. Pasteur.*)

Des faits nombreux concernant l'homme préhistorique y sont signalés. L'intérêt de cet Ouvrage ne concerne pas seulement la Géologie, mais aussi les applications de cette science à l'Agriculture.

M. **Daubrée**, en présentant, de la part de M. *Demangé*, des Tables synoptiques manuscrites destinées à faire voir la répartition quotidienne et mensuelle des chutes de météorites, ajoute les observations suivantes :

« L'auteur croit reconnaître un maximum au mois de mai.

» Ce travail, fondé sur le rapprochement de quatre cent quarante et une chutes, en fait intervenir un certain nombre qui sont trop anciennes pour que leur date soit certaine.

» Cependant, quand on fait un relevé de deux cent huit chutes conservées au Muséum, dont la date est bien authentique, on trouve en effet un maximum très accentué pour le mois de mai, qui, à lui seul, comprend vingt-cinq chutes.

» Mais, le plus grand nombre des chutes restant évidemment inaperçues, les statistiques que nous pouvons établir sont extrêmement incomplètes, et il serait téméraire d'en tirer des conséquences générales. »

M. **J. Landerer** soumet à l'Académie, par l'entremise de M. Daubrée, sous le titre de *Géologie lunaire,* un travail dans lequel il cherche à déterminer la nature lithologique de notre satellite.

« L'auteur, dit M. Daubrée, croit pouvoir conclure de la densité de la Lune et de l'angle sous lequel elle polarise la lumière du Soleil que les matériaux de la surface sont analogues à une roche silicatée, telle que la minette du Morvan. »

M. **Ch. Rabache** adresse une Note sur le nombre d'unités de chaleur qu'il faut au blé pour arriver à maturité.

La séance est levée à 5 heures un quart. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 avril 1880.

Description géologique du canton de Genève, par Al. Favre, *pour servir à l'explication de la Carte géologique du même auteur, suivie d'analyses et de considérations agricoles, par* E. Risler. Genève, Cherbulliez et Cie, 1880; 2 vol. in-8°, avec 4 cartes.

Quelle est la vertu de l'opium? par G. Pécholier. Paris, Asselin; Montpellier, Coulet, 1880; br. in-8°. (Présenté par M. Bouillaud.)

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Médecine de Belgique; collection in-8°, t. V, 4e fascicule. Bruxelles, H. Manceaux, 1880; in-8°.

Annales des Ponts et Chaussées. Mémoires et documents, 1880, mars. Paris, Dunod, 1880; in-8°.

Ministère de l'Agriculture et du Commerce. Direction de l'Agriculture. Commission supérieure du Phylloxera. Session de 1879. *Compte rendu et pièces annexes. Loi, décrets et arrêtés relatifs au Phylloxera.* Paris, Impr. nationale, 1880; in-8°.

Conchyliologie fluviatile de la province de Nan-King et de la Chine centrale; par le R. P. Heude. VIe fascicule. Paris, F. Savy, 1880; in-4°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

Mémoires concernant l'histoire naturelle de l'Empire chinois; par des Pères de la Compagnie de Jésus. Premier cahier, avec 12 planches. Chang-Haï, impr. de la Mission catholique, 1880; in-4°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

Étude sur le maïs (Zea maïs). *Acide maizénique; par le* Dr J.-Z.-F. Vauthier. Bruxelles, Alliance typographique, 1880; br. in-8°.

Association française pour l'avancement des Sciences. Congrès de Montpellier, 1879. Ire et IIe sections : *Discours d'ouverture et notice historique sur les travaux mathématiques de l'Association de* 1876 *à* 1878; *par* C.-A. Laisant. Paris, impr. Chaix, 1880; in-8°.

Des troubles oculaires dans les maladies de l'encéphale; par le Dr A. Robin. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1880; in-8°. (Présenté par M. Bouley.) (Renvoi au Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1880.)

Traité de théorie musicale; par Ch. Moyroud. Paris, Berger-Levrault, 1880; in-4°.

Barthaud. *Note sur une mire parlante à pied et à divisions millimétriques.* Sarlat, impr. Michelet, sans date; br. in-8°.

Exposé fait à la séance officielle de la Société d'Agriculture de l'Hérault, le 5 janvier 1880, *relativement à un procédé pour faire vivre les vignes françaises malgré le Phylloxera; par* B. Pagès. Béziers, impr. Granié et Malinas, 1880; br. in-8°.

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen : Afdeeling Natuurkunde, XIX deel; *Afdeeling Letterkunde,* XII deel. Amsterdam, J. Müller, 1879; 2 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 19 avril 1880.)

Page 912, ligne 13, *au lieu de* 13° 1′32″,7 *lisez* 13° 4′19″,7.
» ligne 14, *au lieu de* 14°39′28″,3 *lisez* 14°37′40″,9.